

SINTESIS KARBON AKTIF DARI PATI GANYONG DENGAN KARBONISASI HIDROTERMAL DAN AKTIVASI KIMIA MENGGUNAKAN KOH DAN $ZnCl_2$

Laporan Penelitian

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

Oleh :

I Made Wisnu Dwi Putra

(6141901103)

Dosen Pembimbing :

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

Hans Kristianto, S.T., M.T.



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



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

LEMBAR PENGESAHAN

Nama : I Made Wisnu Dwi Putra

NPM : 6141901103

Judul : Sintesis Karbon Aktif dari Pati Ganyong dengan Karbonisasi Hidrotermal dan Aktivasi Kimia Menggunakan KOH dan $ZnCl_2$

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 12 Februari 2023

Pembimbing 1

Pembimbing 2


Arendt Andreus Arie, S. T., S.Si., M.Sc., Ph.D.


Hans Kristianto, S.T., M.T.



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

LEMBAR REVISI

Nama : I Made Wisnu Dwi Putra

NPM : 6141901103

Judul : Sintesis Karbon Aktif dari Pati Ganyong dengan Karbonisasi Hidrotermal dan Aktivasi Kimia Menggunakan KOH dan $ZnCl_2$

CATATAN :


1. Pembahasan dilengkapi sesuai dengan hasil diskusi saat sidang berlangsung.
2. Penambahan pembahasan meliputi peran pori *hydrochar* bagi proses aktivasi, peran nitrogen dalam karbon aktif, hubungan pendekatan kapasitas adsorpsi dengan aplikasi karbon aktif sebagai komposit karbon sulfur bagi baterai, dan lain-lain.
3. Penambahan saran

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 10 Februari 2023

Penguji 1

Penguji 2


Ratna Frida Susanti, Ph.D.


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



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

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : I Made Wisnu Dwi Putra

NPM : 6141901103

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul :

**SINTESIS KARBON AKTIF DARI PATI GANYONG DENGAN KARBONISASI
HIDROTERMAL DAN AKTIVASI KIMIA MENGGUNAKAN KOH DAN $ZnCl_2$**

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, 30 Januari 2023

I Made Wisnu Dwi Putra

(6141901103)

INTISARI

Lithium-ion batteries (LIBs) merupakan salah satu inovasi yang paling sukses dalam 30 tahun terakhir ini. Namun, LIBs belum dapat memenuhi kepadatan energi dan daya dari perangkat portabel dan kendaraan listrik generasi sekarang. Sulfur menjadi kandidat katoda pengganti yang menjanjikan dalam LIBs. Baterai litium sulfur (Li-S) dapat membentuk *poli-sulfides* yang dapat mengendap pada sisi anoda yang dapat membentuk lapisan pasivasi yang dapat menyebabkan penurunan kinerja baterai. Hal tersebut dapat diatasi menggunakan materi karbon berpori untuk menjebak *poli-sulfides* di dalam katoda sekaligus menjadi *host* untuk sulfur. Karbon aktif merupakan *non-graphitizable* carbon yang dapat digunakan sebagai adsorben karena mengandung porositas dan memiliki luas permukaan yang besar. Karbon aktif memiliki struktur *amorphous* dan kristalin yang sangat kecil (mikrokristalin) yang mulai terbentuk selama proses karbonisasi.

Pada penelitian ini karbon aktif disintesis dari pati ganyong dengan karbonisasi hidrotermal dan aktivasi kimia. Karbonisasi hidrotermal dilakukan dengan autoklaf teflon dan dipanaskan pada temperatur 200°C selama 24 jam. Agen pengaktivasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah KOH dan ZnCl₂ dengan variasi rasio massa *hydrochar* dengan agen pengaktivasi yaitu 1:2 dan 1:4 pada temperatur aktivasi sebesar 700°C selama 2 jam. Karbon aktif yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan analisis adsorpsi metilen biru, SEM-EDS dan XRD.

Penggunaan ZnCl₂ sebagai agen pengaktivasi memberikan performa yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan KOH. Peningkatan rasio agen pengaktivasi terhadap *hydrochar* akan menurunkan perolehan massa dan kapasitas adsorpsi dari karbon aktif yang dihasilkan. Karbon aktif yang diperoleh memberikan kapasitas adsorpsi yang lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif komersial. Berdasarkan analisis SEM, seluruh karbon aktif yang dihasilkan memberikan morfologi yang lebih berpori. Karbon aktif yang dihasilkan menunjukkan profil XRD dengan rentang puncak 2θ yaitu 23-24° dan 40-45° yang menjadi indikasi terbentuknya amorf karbon.

Kata kunci : karbon aktif, hidrotermal, aktivasi kimia, agen pengaktivasi

ABSTRACT

Lithium-ion batteries (LIBs) are one of the most successful innovations of the last 30 years. However, LIBs have not satisfied this generation's energy and power density of portable devices and electric vehicles. Sulfur is a promising replacement cathode candidate in LIBs. Lithium-sulfur batteries (Li-S) can form polys-sulfide, which can precipitate on the anode side and form a passivation layer that can cause a decreased battery performance. This circumstance can be overcome by using porous carbon material to trap the poly-sulfide in the cathode and being a sulfur host. Activated carbon is a non-graphitizable carbon that can be used as an adsorbent because it contains porosity and has a large surface area. Activated carbon has amorphous and microcrystalline structures formed during the carbonization process.

In this research, activated carbon was synthesized from canna starch by hydrothermal carbonization and chemical activation. Hydrothermal carbonization was carried out using a teflon autoclave and heated at 200 °C for 24 hours. The activating agents used in this study were KOH and ZnCl₂ with varying mass ratios of hydrochar to activating agents. The ratio is 1:2 and 1:4 at an activation temperature of 700 °C for 2 hours. The result of the activated carbon was analyzed using methylene blue adsorption methods, SEM-EDS and XRD.

The use of ZnCl₂ as an activating agent gives a better performance than the use of KOH. Increasing the ratio of activating agents to hydrochar will decrease the yield and adsorption capacity of the resulting activated carbon. The resulting activated carbon provided a better adsorption capacity than commercial activated carbon. SEM analyses show that all activated carbon gave a more porous morphology. The resulting activated carbon shows an XRD profile with a peak range of 2 θ are 23-24° and 40-45°, which is an indication of the formation of amorphous carbon.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul “Sintesis Karbon Aktif dari Pati Ganyong dengan Karbonisasi Hidrotermal dan Aktivasi Kimia Menggunakan KOH dan $ZnCl_2$ ” tepat pada waktunya. Penulisan laporan penelitian ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana Strata-1 Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penulisan laporan penelitian ini, penulis mendapat berbagai bantuan dan 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 Bapak Hans Kristianto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, memberikan ilmu pengetahuan, waktu dan saran selama proses penyusunan laporan penelitian ini.
2. Orangtua serta keluarga atas doa dan dukungan kepada penulis baik secara moral maupun material.
3. Teman-teman di Program Studi Sarjana Teknik Kimia UNPAR yang telah memberikan dukungan dan saran kepada penulis selama proses penulisan laporan penelitian ini.
4. Semua pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan kontribusi dalam penyusunan laporan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun agar dapat mengembangkan penulis dalam penyusunan laporan penelitian berikutnya. Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih atas perhatian pembaca dan berharap agar laporan penelitian ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi semua pihak.

Bandung, 10 Februari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
INTISARI.....	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
BAB I PENDAHULUAN	xi
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tema Sentral Masalah	3
1.3 Identifikasi Masalah.....	3
1.4 Premis	3
1.5 Hipotesis	6
1.6 Tujuan Penelitian	6
1.7 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Pati	8
2.2 Karbon	10
2.2.1 Karbon Aktif	11
2.3 Karbonisasi	12
2.3.1 Karbonisasi Pirolisis.....	12
2.3.2 Karbonisasi Hidrotermal	13
2.4 Aktivasi Karbon	18
2.4.1 Aktivasi Fisika.....	18
2.4.2 Aktivasi Kimia	19
2.4.2.1 Agen Pengaktivasi Seng Klorida.....	19
2.4.2.2 Agen Pengaktivasi Potasium Hidroksida	20
2.5 Analisis	21
2.5.1 SEM - EDS.....	21
2.5.2 X-Ray Diffraction (XRD).....	22

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Tahap Penelitian	23
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	23
3.3 Prosedur Percobaan.....	24
3.3.1 Sintesis Karbon Aktif.....	24
3.3.1.1 Karbonisasi Hidrotermal.....	24
3.3.1.2 Aktivasi Kimia.....	25
3.3.2 Analisis.....	27
3.3.2.1 Pengolahan Data	28
3.4 Variasi Penelitian	29
3.5 Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian.....	29
BAB IV PEMBAHASAN	30
4.1 Sintesis <i>Hydrochar</i>	30
4.2 Sintesis Karbon Aktif.....	32
4.2.1 Perolehan <i>Yield</i> Karbon Aktif	32
4.2.2 Analisis SEM-EDS Karbon Aktif.....	34
4.2.3 Analisis XRD Karbon Aktif.....	37
4.2.4 Analisis Adsorpsi Karbon Aktif.....	38
BAB V KESIMPULAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN A <i>MATERIAL SAFETY DATA SHEET</i>	48
A.1 Kalium Hidroksida.....	48
A.2 Seng Klorida	49
A.3 Asam Klorida	50
A.4 Etanol	52
A.5 Nitrogen	53
A.6 Karbon Aktif.....	54
LAMPIRAN B CONTOH PERHITUNGAN.....	56
B.1. Perolehan Massa <i>Hydrochar</i>	56
B.2. Perolehan Massa Karbon Aktif.....	56
B.3. Kapasitas Adsorpsi.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Produksi emisi gas rumah kaca pada berbagai sektor.	1
Gambar 2.1. Struktur (a) amilosa (b) amilopektin.....	8
Gambar 2.2. Granula pati ganyong.....	10
Gambar 2.3. Model Struktur Isotrop (a) Grafit (b) Berlian.....	11
Gambar 2.4. Struktur pori karbon aktif.	12
Gambar 2.5. Distribusi produk dalam pirolisis.	13
Gambar 2.6. Produk yang dihasilkan dalam HTC.....	14
Gambar 2.7. Gugus fungsi pada permukaan <i>hydrochar</i>	14
Gambar 2.8. Mekanisme reaksi HTC pada selulosa.	16
Gambar 2.9. Pengaruh temperatur terhadap <i>yield</i> HTC.	17
Gambar 2.10. Skema instrumen analisis dengan SEM-EDS.....	22
Gambar 2.11. Skema instrumen analisis dengan XRD.	22
Gambar 3.1. (a) Autoklaf telfon (b) <i>Furnace</i>	24
Gambar 3.2. Skema karbonisasi hidrotermal.....	25
Gambar 3.3. Skema aktivasi kimia.....	26
Gambar 3.4. Skema analisis kapasitas adsorpsi	28
Gambar 4.1 (a) <i>Hydrochar</i> (b) Produk cair	30
Gambar 4.2 Hasil analisis SEM pati ganyong	35
Gambar 4.3 Hasil analisa SEM <i>hydrochar</i> dari selulosa	35
Gambar 4.4 Hasil SEM (a) K712 (b) K714 (c) Z712 (d) Z714.....	35
Gambar 4.5 Hasil analisis XRD (a) sampel karbon aktif (b) karbon aktif komersial	37

DAFTAR TABEL

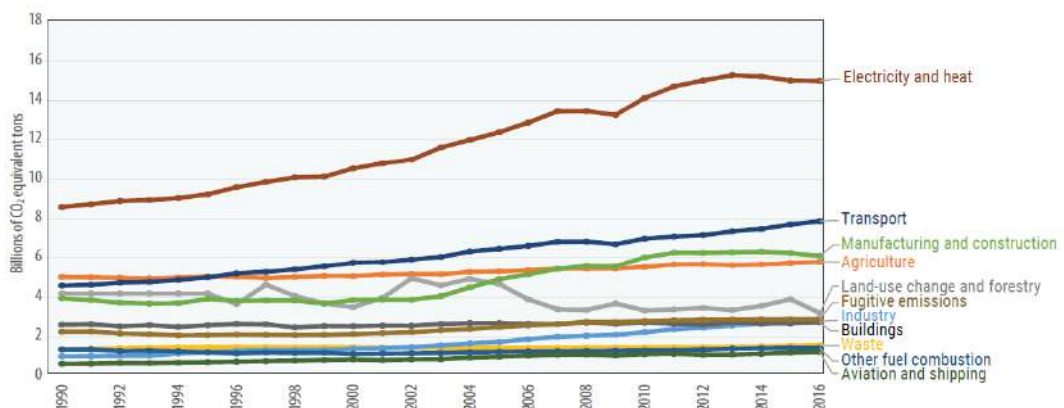
Tabel 1.1. Variasi percobaan sintesis karbon aktif dari berbagai sumber pustaka.....	4
Tabel 3.1. Variasi penelitian sintesis karbon aktif.	29
Tabel 3.2. Rencana kerja penelitian.....	29
Tabel 4.1 Karakteristik hasil <i>hydrochar</i>	30
Tabel 4.2 Kapasitas adsorpsi pada <i>hydrochar</i>	32
Tabel 4.3 Perolehan massa karbon aktif.....	32
Tabel 4.4 Komposisi atomik.....	36
Tabel 4.5 Pembacaan puncak hasil analisis XRD	37
Tabel 4.6 Komposisi kiralinitas dan amorf	38
Tabel 4.7 Kapasitas adsorpsi karbon aktif.....	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya pertumbuhan populasi di dunia menyebabkan produksi dan konsumsi energi yang berasal dari bahan bakar fosil juga turut meningkat. Peningkatan penggunaan bahan bakar fosil ini menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan seperti perubahan iklim maupun *global warming* akibat emisi gas rumah kaca yang juga terus mengalami peningkatan (Younesi, 2014). Setiap tahunnya dari pertengahan tahun 2010, aktivitas manusia telah menghasilkan 50 miliar ton emisi rumah kaca secara global, di mana sektor listrik dan panas merupakan penghasil emisi yang paling dominan, kemudian diikuti oleh sektor transportasi, manufaktur dan pertanian (Kawamura dkk., 2021). Produksi emisi gas rumah kaca secara global pada berbagai sektor ditunjukkan pada gambar 1.1



Gambar 1.1. Produksi emisi gas rumah kaca pada berbagai sektor.

(Kawamura dkk., 2021)

Hal ini menyebabkan pengembangan energi terbarukan yang aman, murah, efisiensi tinggi dan memiliki sistem penyimpanan energi merupakan kebutuhan yang mendesak untuk saat ini. Penggunaan baterai sebagai sistem penyimpanan energi listrik dan pengganti bahan bakar fosil konvensional merupakan yang paling diminati dewasa ini karena sifat baterai yang efisien, mudah diganti dan digunakan (Xie dkk., 2020). Selain itu, baterai memegang peran penting dalam dua sektor penghasil emisi gas rumah kaca terbesar yaitu listrik dan transportasi sehingga dengan penggunaan baterai diharapkan dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil secara berkala (Kawamura dkk., 2021).

Lithium-ion batteries (LIBs) merupakan salah satu inovasi yang paling sukses dalam 30 tahun terakhir ini (Dou dkk., 2019). LIBs termasuk ke dalam baterai sekunder yaitu baterai yang dapat diisi ulang (Kiehne, 2003). LIBs sering digunakan sebagai sumber energi bagi telepon, laptop, kamera digital hingga kendaraan listrik (Zhang dkk., 2011). Diantara semua jenis baterai sekunder, LIBs merupakan baterai dengan kepadatan energi yang tertinggi (Baikalov dkk., 2020) yaitu sekitar 580 Wh/kg atau 1810 Wh/L (Tao dkk., 2011). Namun, LIBs memiliki beberapa kekurangan, di mana baterai jenis ini mengandung bahan yang berpotensi beracun seperti tembaga, nikel dan timbal (Kang dkk., 2013). Tidak hanya itu, LIBs konvensional belum dapat memenuhi kepadatan energi dan daya dari perangkat portabel dan kendaraan listrik generasi sekarang (Baikalov dkk., 2020).

Sulfur menjadi kandidat katoda pengganti yang menjanjikan dalam LIBs. Unsur sulfur sendiri memiliki kapasitas spesifik dan kepadatan energi secara berturut-turut yaitu sebesar 1672 mAh/g dan 2500 Wh/kg atau 2800 Wh/L (Baikalov dkk., 2020; Tao dkk., 2011). Selain itu, sulfur juga memiliki biaya yang relatif murah, keberadaannya yang melimpah di alam, dan ramah lingkungan (Ahn dkk., 2012). Namun, baterai litium sulfur (Li-S) juga memiliki beberapa kelemahan di mana penggunaan sulfur dapat memicu terbentuknya produk antara berupa *poli-sulfides* selama reaksi elektrokimia yang cenderung dapat larut dalam elektrolit menyebabkan hilangnya bahan aktif sulfur (Zhang dkk., 2011). Terbentuknya *poli-sulfides* yang juga dapat mengendap pada sisi anoda sehingga membentuk lapisan pasivasi yang dapat menyebabkan penurunan kinerja baterai (Wang dkk., 2019).

Hal tersebut dapat diatasi menggunakan materi karbon untuk dapat menjebak *poli-sulfida* di dalam katoda (Zhang dkk., 2011) sekaligus menjadi *host* untuk sulfur. Karbon berpori umumnya yang paling sering digunakan untuk mengatasi permasalahan ini karena sifatnya yang mampu meningkatkan konduktivitas listrik pada katoda, memiliki pori-pori besar, kemampuan menahan atau adsorpsi secara kimia maupun fisika yang baik, dan luas permukaan yang besar (Wang dkk., 2019). Dengan volume pori yang besar karbon mampu memuat sulfur yang banyak sehingga dapat meningkatkan kapasitas katoda dan kepadatan energi (Li dkk., 2013). Untuk meningkatkan kapasitas katoda, setidaknya karbon aktif tersebut dapat memuat sulfur sebanyak 60 wt% (Li dkk., 2013).

Dalam penelitian ini, karbon aktif akan disintesis dari pati ganyong melalui dua tahap yaitu karbonisasi hidrotermal dan aktivasi secara kimia menggunakan senyawa KOH dan $ZnCl_2$. Pada sintesis karbon aktif dilakukan variasi terhadap jenis agen pengaktivasi dan rasio massa *hydrochar* dengan agen pengaktivasi. Karbon aktif yang diperoleh kemudian

dianalisis dengan menggunakan metode adsorpsi larutan warna berupa metilen biru, *Scanning Electron Microscope & Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDS) dan *X-Ray Diffraction* (XRD).

1.2 Tema Sentral Masalah

Dalam penelitian ini, karbon aktif akan disintesis dari pati ganyong melalui dua tahap yaitu karbonisasi secara hidrotermal dan aktivasi kimia. Pada proses aktivasi kimia, akan digunakan dua jenis agen pengaktivasi yaitu KOH dan $ZnCl_2$. Penelitian ini akan berfokus pada peninjauan keberhasilan dari sintesis karbon aktif dengan metode tersebut, pengaruh setiap agen pengaktivasi, dan pengaruh rasio massa *hydrochar* dengan agen pengaktivasi.

1.3 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah yang melatar belakangi penelitian ini adalah sebaga berikut.

1. Bagaimana perbandingan karakteristik (perolehan *yield*, morfologi, kristalinitas dan kapasitas adsorpsi) karbon aktif yang dihasilkan dari karbonisasi hidrotermal dengan KOH dan $ZnCl_2$ sebagai agen pengaktivasi?
2. Bagaimana pengaruh rasio massa *hydrochar* dengan agen pengaktivasi (KOH dan $ZnCl_2$) terhadap karakteristik (perolehan *yield*, morfologi, kriticalitas, dan kapasitas adsorpsi) dari karbon aktif yang dihasilkan?

1.4 Premis

Sintesis karbon aktif dari berbagai biomassa dengan karbonisasi secara hidrotermal dan aktivasi kimia dengan agen pengaktivasi berupa KOH dan $ZnCl_2$ telah dilakukan oleh berbagai pihak seperti yang disajikan pada tabel 1.1.

Tabel 1.1. Variasi percobaan sintesis karbon aktif dari berbagai sumber pustaka

No	Biomassa	Metode	Karbonisasi		Aktivasi			Luas Permukaan (m ² /g)	Sumber
			Temperatur (°C) / Waktu (Jam)	Katalis	Agen Pengaktivasi	Rasio Massa <i>hydrochar</i> : agen pengaktivasi	Temperatur (°C) / Waktu (Jam)		
1	Karagenan	Hidrotermal	200 / 12	-	KOH	1:3	700 / 2	1865	(Fan dkk., 2014)
2	Karagenan	Hidrotermal	200 / 12	-	KOH	1:3	800 / 2	2236	(Fan dkk., 2014)
3	Karagenan	Hidrotermal	200 / 12	-	KOH	1:3	900 / 2	2502	(Fan dkk., 2014)
4	Glukosa	Hidrotermal	180 / 24	-	KOH	1:4	700 / -	2150	(Härmas dkk., 2016)
5	Lignin	Hidrotermal	180 / 10	-	KOH	1:3	700 / 1.5	2276	(Wu dkk., 2019)
6	Lignin	Hidrotermal	180 / 10	ZnCl ₂	KOH	1:2	600 / 1.5	1414	(Wu dkk., 2019)
7	Lignin	Hidrotermal	180 / 10	ZnCl ₂	KOH	1:3	500 / 1.5	1097	(Wu dkk., 2019)
8	Lignin	Hidrotermal	180 / 10	ZnCl ₂	KOH	1:3	600 / 1.5	2306	(Wu dkk., 2019)
9	Lignin	Hidrotermal	180 / 10	ZnCl ₂	KOH	1:3	700 / 1.5	2592	(Wu dkk., 2019)
10	Lignin	Hidrotermal	180 / 10	ZnCl ₂	KOH	1:4	600 / 1.5	2482	(Wu dkk., 2019)
11	Biji Anggur	Hidrotermal	220 / 16	-	KOH	1:2	750 / 2	1215	(Diaz dkk.,2019)
12	Biji Anggur	Hidrotermal	220 / 16	-	KOH	1:3	750 / 2	2194	(Diaz dkk.,2019)
13	Biji Anggur	Hidrotermal	220 / 16	-	KOH	1:4	750 / 2	1780	(Diaz dkk.,2019)

Tabel 1.1. Variasi percobaan sintesis karbon aktif dari berbagai sumber pustaka (lanjutan)

No	Biomassa	Metode	Karbonisasi		Aktivasi			Luas Permukaan (m ² /g)	Sumber
			Temperatur (°C) / Waktu (Jam)	Katalis	Agen Pengaktivasi	Rasio Massa <i>hydrochar</i> : agen pengaktivasi	Temperatur (°C) / Waktu (Jam)		
14	Glukosa	Hidrotermal	180 / 24	-	ZnCl ₂	1:4	700 / -	2150	(Härmas dkk., 2016)
15	TKKS	Hidrotermal	200 / 24	-	ZnCl ₂	1:3	800 / 1	808	(Prisca, 2021)
16	TKKS	Hidrotermal	200 / 24	-	ZnCl ₂	1:5	800 / 1	876	(Prisca, 2021)

1.5 Hipotesis

Berdasarkan identifikasi masalah, diusulkan beberapa hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Karbon aktif yang diperoleh dari proses aktivasi dengan agen pengaktivasi berupa KOH akan memberikan perolehan *yield* dan kapasitas adsorpsi yang lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan $ZnCl_2$ sebagai agen pengaktivasi. $ZnCl_2$ dan KOH akan memberikan morfologi yang berpori pada karbon aktif dengan %kristalinitas yang rendah.
2. Peningkatan rasio massa *hydrochar* dengan agen pengaktivasi KOH atau $ZnCl_2$ akan menurunkan perolehan *yield* dan memberikan morfologi yang berpori pada karbon aktif. Peningkatan rasio agen pengaktivasi juga meningkatkan kapasitas adsorpsi dari karbon aktif yang diperoleh. Karbon aktif yang diperoleh akan memiliki struktur amorf dan tidak teratur.

1.6 Tujuan Penelitian

Adapaun tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mempelajari pengaruh agen pengaktivasi yaitu KOH dan $ZnCl_2$ terhadap karakteristik (perolehan *yield*, morfologi, kristalinitas, dan kapasitas adsorpsi) dari karbon aktif.
2. Mempelajari pengaruh rasio massa *hydrochar* dengan agen pengaktivasi yang digunakan yaitu 1:2 dan 1:4 terhadap karakteristik (perolehan *yield*, morfologi, kristalinitas, dan kapasitas adsorpsi) dari karbon aktif.

1.7 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak diantaranya:

1. Untuk negara

Dapat membantu pemerintah dalam upaya menurunkan emisi gas rumah kaca di Indonesia melalui pengembangan energi terbarukan berupa baterai litium sulfur sebagai pengganti bahan bakar fosil konvensional.

2. Untuk industri

Dapat menjadi alternatif dalam pengembangan katoda baterai litium sulfur sehingga menghasilkan kualitas baterai yang lebih baik.

3. Untuk masyarakat

Dapat membuka wawasan masyarakat terkait pengelolaan pati ganyong menjadi produk yang lebih bermanfaat.

4. Untuk ilmu pengetahuan

Dapat memperluas pengetahuan terkait pemanfaatan pati ganyong sebagai prekursor dalam pembuatan karbon aktif melalui karbonisasi hidrotermal dan aktivasi kimia.