

SINTESIS KOMPOSIT KARBON SULFUR DARI SEKAM PADI MENGGUNAKAN KARBONISASI HIDROTERMAL DAN AKTIVASI KIMIA

Laporan Penelitian

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

Oleh:

Febby Kurniawan

(6141801005)

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**

2022

SYNTHESIS OF CARBON SULFUR COMPOSITES FROM RICE HUSK USING HYDROTHERMAL CARBONIZATION AND CHEMICAL ACTIVATION

Research Report

Compiled to fulfill the final task to achieve
Bachelor's degree in Chemical Engineering

By:

Febby Kurniawan

(6141801005)

Academic Consultant:

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

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



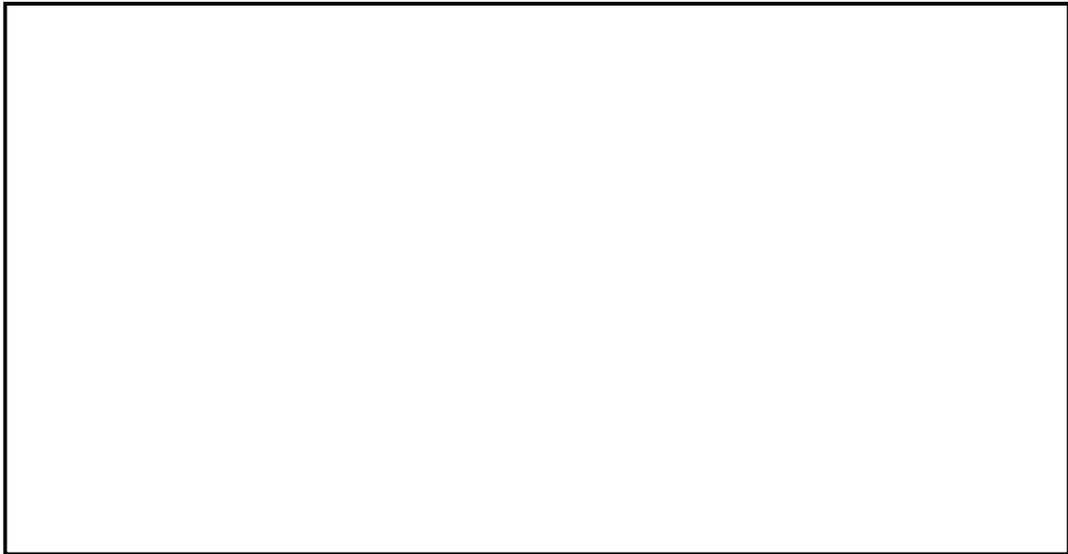
**DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : SINTESIS KOMPOSIT KARBON SULFUR DARI SEKAM PADI
MENGUNAKAN KARBONISASI HIDROTERMAL DAN AKTIVASI
KIMIA**

CATATAN :

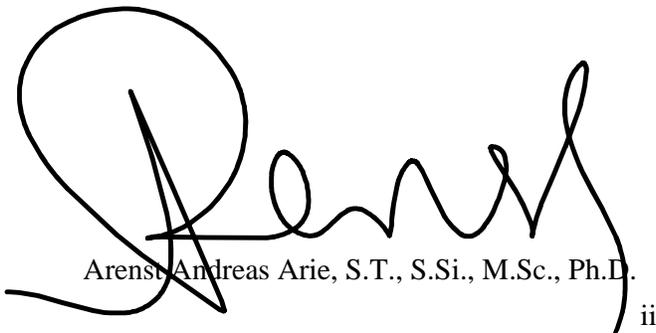


Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 16 Februari 2022

Pembimbing 1

Pembimbing 2



Arens 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**

SURAT PERNYATAAN

Saya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Febby Kurniawan

NPM : 6141801005

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**SINTESIS KOMPOSIT KARBON SULFUR DARI SEKAM PADI
MENGUNAKAN KARBONISASI HIDROTERMAL DAN AKTIVASI KIMIA**

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

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

Bandung, 07 Februari 2022

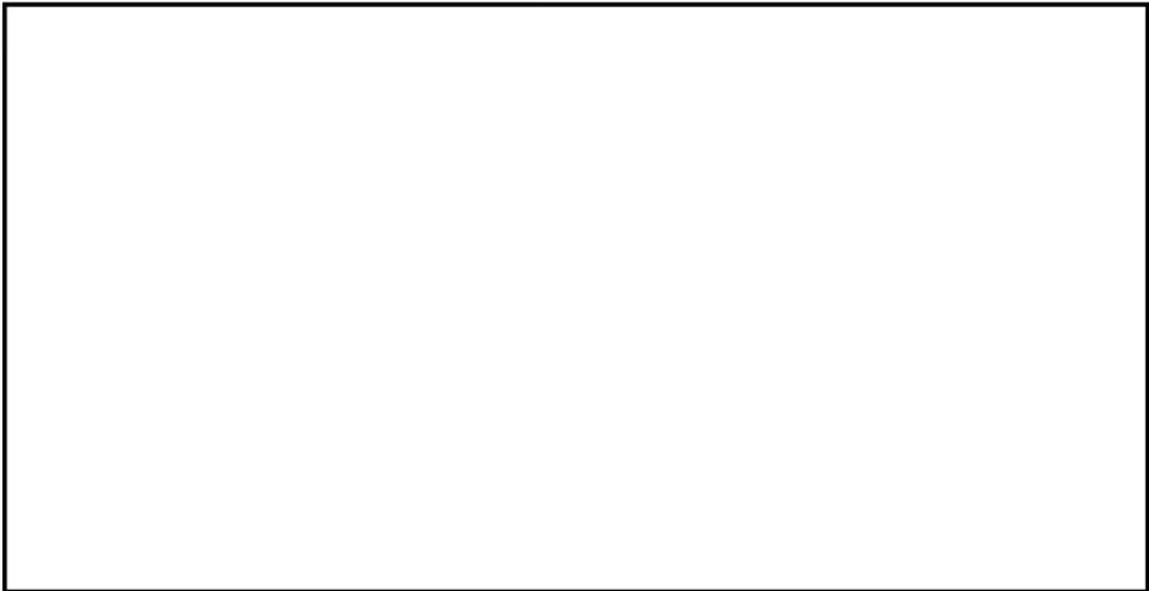


Febby Kurniawan
(6141801005)

LEMBAR REVISI

**JUDUL : SINTESIS KOMPOSIT KARBON SULFUR DARI SEKAM PADI
MENGUNAKAN KARBONISASI HIDROTERMAL DAN AKTIVASI
KIMIA**

CATATAN :



Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 14 Februari 2022

Penguji 1



Prof. Dr. Ir. Judy R. B. Witono, M.App.Sc.

Penguji 2



Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D.

INTISARI

Indonesia merupakan negara penghasil padi terbesar keempat di dunia dan menyebabkan sekam padi dari tahun ke tahun tersedia dalam jumlah yang berlimpah. Sekam padi adalah limbah biomassa yang berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif karena memiliki kandungan selulosa, hemiselulosa, serta lignin yang tinggi. Karbon aktif merupakan material karbon dengan struktur permukaan berpori dan memiliki luas permukaan yang tinggi. Karbon aktif telah diaplikasikan dalam berbagai kebutuhan industri seperti pemurni air limbah metilen biru, penghilangan ion logam berat dan beracun, dan sebagai elektroda superkapasitor. Pada penelitian ini, karbon aktif akan disintesis dari limbah sekam padi dan diproses menjadi komposit karbon sulfur yang kemudian akan dimanfaatkan sebagai katoda pada baterai litium-sulfur.

Sintesis karbon aktif dalam penelitian ini dilakukan dalam 2 tahap. Tahap pertama adalah karbonisasi hidrotermal dan tahap kedua adalah aktivasi kimia. Tahap sintesis karbon aktif dimulai dengan tahap persiapan sekam padi melalui proses pencucian, pengeringan, dan pengecilan ukuran. Karbonisasi hidrotermal dilakukan dengan pemanasan pada 200°C selama 24 jam dalam reaktor autoklaf dan akan menghasilkan *hydrochar* yang akan dilanjutkan dengan aktivasi menggunakan H₃PO₄ atau KOH pada 900°C selama 1 jam dengan variasi rasio massa *hydrochar* terhadap aktivator adalah 1:2 dan 1:4. Karbon aktif yang dihasilkan kemudian akan dianalisis morfologi, komposisi dan kristalinitasnya. Komposit karbon sulfur akan disintesis dengan mencampurkan karbon aktif dengan sulfur pada rasio massa 1:3 dengan metode *melt diffusion*. Karakterisasi terhadap karbon aktif dan karbon sulfur pada penelitian ini menggunakan metode SEM-EDS dan XRD.

Metode karbonisasi hidrotermal dan aktivasi kimia terhadap biomassa sekam padi dapat menghasilkan karbon aktif dengan komposisi karbon 90-92%. Peningkatan rasio *activating agent* akan menghasilkan karbon aktif dengan morfologi permukaan yang lebih berpori. *Activating agent* KOH akan menghasilkan perolehan massa karbon aktif yang lebih sedikit, struktur lebih amorf serta morfologi permukaan yang lebih berpori jika dibandingkan dengan H₃PO₄. Keempat sampel karbon aktif yang diperoleh menunjukkan struktur amorf yang dibuktikan oleh hasil analisis XRD dengan puncak difraksi (2 θ) pada 24° dan 43°. Metode difusi lebur dalam sintesis komposit karbon sulfur terhadap sampel HAC-K4 menghasilkan karbon dengan komposisi yang didominasi oleh sulfur serta hasil analisis XRD dengan puncak-puncak tinggi dan tajam yang menyerupai profil XRD sulfur murni.

Kata kunci : Aktivasi kimia, karbon aktif, komposit karbon sulfur, sekam padi.

ABSTRACT

Indonesia is the fourth largest rice producing country in the world and causes rice husks to be available in abundance from year to year. Rice husk is a biomass waste that has the potential to be used as raw material for making activated carbon because it has high cellulose, hemicellulose, and lignin content. Activated carbon is a carbon material with a porous surface structure and has a high surface area. Activated carbon has been applied in various industrial needs such as purification of methylene blue wastewater, removal of heavy and toxic metal ions, and as supercapacitor electrodes. In this research, activated carbon will be synthesized from rice husk waste and processed into carbon sulfur composite which will then be used as cathode in lithium-sulfur battery.

The synthesis of activated carbon in this study was carried out in 2 stages. The first stage is hydrothermal carbonization and the second stage is chemical activation. The activated carbon synthesis stage begins with the preparation of rice husks through a washing, drying, and size reduction process. Hydrothermal carbonization is carried out by heating at 200°C for 24 hours in an autoclave reactor and will produce hydrochar which will be followed by activation using H₃PO₄ or KOH at 900°C for 1 hour with variations in the mass ratio of hydrochar to activator are 1:2 and 1:4. The resulting activated carbon will then be analyzed for morphology, composition and crystallinity. Carbon sulfur composites will be synthesized by mixing activated carbon with sulfur at a mass ratio of 1:3 by melt diffusion method. Characterization of activated carbon and carbon sulfur in this study using SEM-EDS and XRD methods.

Hydrothermal carbonization method and chemical activation of rice husk biomass can produce activated carbon with a carbon composition of 90-92%. Increasing the ratio of activating agent will produce activated carbon with a more porous surface morphology. Activating agent KOH will produce less mass of activated carbon, more amorphous structure and more porous surface morphology when compared to H₃PO₄. The four activated carbon samples obtained showed an amorphous structure as evidenced by the results of XRD analysis with diffraction peaks (2θ) at 24° and 43°. Melting diffusion method in the synthesis of carbon-sulfur composites on HAC-K4 samples produced carbon with a composition dominated by sulfur and XRD analysis results with high and sharp peaks resembling the XRD profile of pure sulfur.

Keywords: Chemical activation, activated carbon, carbon sulfur composite, rice husk.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul “Sintesis Komposit Karbon Sulfur dari Sekam Padi menggunakan Karbonisasi Hidrotermal dan Aktivasi Kimia” tepat pada waktunya. Penulisan laporan penelitian ini dilakukan untuk memenuhi 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 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 memberikan bimbingan, 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 kontrobusi dalam penyusunan laporan penelitian ini.

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

Bandung, 07 Februari 2022



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
INTISARI.....	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tema Sentral	3
1.3 Identifikasi Masalah.....	3
1.4 Premis	4
1.5 Hipotesis	6
1.6 Tujuan Penelitian	6
1.7 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Sekam Padi	8
2.2 Lignoselulosa.....	9
2.3 Karbon Aktif.....	11
2.4 Sintesis Karbon Aktif.....	13
2.5 Aktivasi.....	17
2.5.1 Aktivasi Fisika.....	17

2.5.2	Aktivasi Kimia.....	18
2.6	Komposit Karbon Sulfur.....	20
2.7	Analisis Karbon Aktif.....	22
2.7.1	<i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	22
2.7.2	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		25
3.1	Tahap Penelitian	25
3.2	Alat dan Bahan.....	26
3.2.1	Alat	26
3.2.2	Bahan.....	27
3.3	Rangkaian Alat	27
3.4	Prosedur Penelitian	28
3.4.1	<i>Pre-treatment</i> Sekam Padi.....	28
3.4.2	Karbonisasi Hidrotermal dengan Aktivasi Kimia	29
3.4.3	Sintesis Komposit Karbon Sulfur.....	31
3.4.4	Analisis Karbon Aktif	32
3.5	Variasi Percobaan	33
3.6	Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian.....	34
BAB IV PEMBAHASAN		35
4.1.	Variasi Variabel Penelitian	35
4.2.	Sintesis <i>Hydrochar</i> dengan Karbonisasi Hidrotermal (HTC).....	35
4.3	Sintesis Karbon Aktif.....	36
4.3.1	Perolehan Massa Karbon Aktif (<i>%Yield</i>).....	37
4.3.2	Analisis SEM Karbon Aktif	39
4.3.3	Analisis XRD Karbon Aktif.....	41
4.3.4	Analisis EDS Karbon Aktif.....	42

4.4 Sintesis Komposit Karbon Sulfur	43
4.4.1 Analisis EDS Komposit Karbon Sulfur	44
4.4.2 Analisis XRD Komposit Karbon Sulfur.....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN A.....	54
<i>MATERIAL SAFETY DATA SHEET</i>	54
LAMPIRAN B	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur dari komponen lignoselulosa.....	9
Gambar 2.2 Struktur kimia selulosa (Chen, 2014).....	10
Gambar 2.3 Struktur kimia hemiselulosa	10
Gambar 2.4 Struktur kimia lignin.....	11
Gambar 2.5 Klasifikasi pori-pori karbon aktif.....	12
Gambar 2.6 Hidrotermal pada selulosa	15
Gambar 2.7 Hidrotermal pada hemiselulosa.....	16
Gambar 2.8 Hidrotermal pada lignin	16
Gambar 2.9 Mekanisme Aktivasi Kimia dengan KOH.....	19
Gambar 2.10 Bentuk komposit karbon sulfur.....	21
Gambar 2.11 Mekanisme perubahan struktur sulfur.....	21
Gambar 2.12 Skema metode SEM	22
Gambar 2.13 Contoh hasil analisa metode SEM karbon aktif (a); Karbon Sulfur (b)	23
Gambar 2.14 Skema metode XRD	24
Gambar 2.15 Hasil analisa metode XRD karbon aktif dan karbon sulfur	24
Gambar 3.1 Skema umum tahap penelitian	25
Gambar 3.2 Autoklaf teflon (Ahmad dkk., 2017).....	28
Gambar 3.3 <i>Furnace</i>	28
Gambar 3.4 Skema <i>pre-treatment</i> sekam padi	29
Gambar 3.5 Skema karbonisasi hidrotermal	30
Gambar 3.9 Skema sintesis komposit karbon sulfur.....	32
Gambar 4.1 <i>Hydrochar</i>	36

Gambar 4.2 Analisis SEM (a) HAC-H2; (b) HAC-H4; (c) HAC-K2; (d) HAC-K4 (e) Sekam Padi (Wazir dkk., 2020).....	40
Gambar 4.3 Analisis XRD (a) HAC-H2, HAC-H4, HAC-K2, HAC-K4; (b) karbon aktif komersial (Prijadi, 2020).....	41
Gambar 4.4 Hasil analisis XRD pada (a) HACS-K4 dan HAC-K4 (b) Sulfur murni (Prijadi, 2020)	45

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Variasi percobaan dengan luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan.....	4
Tabel 1.2 Variasi percobaan dengan kapasitas adsorpsi karbon aktif yang dihasilkan.....	5
Tabel 2.1 Klasifikasi tanaman padi (Widiyanti, 2008).....	8
Tabel 2.2 Kandungan komponen sekam padi.....	8
Tabel 2.3 Klasifikasi ukuran pori karbon aktif.....	11
Tabel 2.4 Syarat mutu karbon aktif (Dewi dkk., 2009).....	12
Tabel 2.5 Perbandingan aktivasi fisika dan kimia.....	20
Tabel 3.1 Tabel Percobaan	33
Tabel 3.2 Rencana Kerja Penelitian	34
Tabel 4.1 Variasi dan kode sampel penelitian.....	35
Tabel 4.2 Perolehan Massa Karbon Aktif	37
Tabel 4.3 Data kristalinitas dan amorfous dari sampel karbon aktif.....	41
Tabel 4.4 Komposisi atomik sampel karbon aktif.....	42
Tabel 4.5 Komposisi atomik komposit karbon sulfur HACS-K4	44
Tabel 4.6 Data kristalinitas dan amorfous dari HAC-K4 dan HACS-K4	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Padi merupakan tanaman beras yang menjadi makanan pokok untuk mayoritas penduduk di dunia terutama benua Asia. Negara Indonesia memiliki peranan penting dalam produksi padi dengan produksi pada tahun 2020 mencapai 54.649.202 ton. Hasil tersebut mengalami kenaikan 0,08% dari tahun sebelumnya dengan penghasilan per tahun 54.604.033 ton (Badan Pusat Statistik, 2020). Hasil tersebut memastikan kedudukan Indonesia sebagai penghasil padi terbesar keempat di dunia setelah China, India, dan Bangladesh (Statista, 2021). Dalam proses pengolahan padi menjadi beras akan menghasilkan produk samping berupa sekam padi. Sekam padi merupakan limbah dari produksi padi dan diperoleh dengan perbandingan massa padi terhadap sekam padi adalah 1 : 0,24 (Cha, 2013). Berdasarkan perbandingan tersebut, maka penghasilan 54 juta ton padi akan menghasilkan sekitar 13 juta ton sekam padi setiap tahunnya. Namun, limbah padi yang sangat melimpah ini masih belum dimanfaatkan dengan optimal. Selama ini, sekam padi hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar pembuatan batu bata, bahan bakar, dan bahan baku pupuk organik (Oramas, 2016).

Pemanfaatan yang belum optimal membuka peluang untuk berbagai penelitian yang berupaya memanfaatkan sekam padi, salah satunya sebagai bahan alternatif dalam pembuatan karbon aktif (Febryanti dkk., 2013). Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan, karbon aktif berpotensi dimanfaatkan dalam aplikasi-aplikasi industri seperti pemurni air limbah metilen biru (Riyanto dkk., 2017), penghilangan ion logam berat dan beracun seperti Cr(VI) (Sugashini dan Begum, 2015), elektroda superkapasitor (Le Van dan Luong Thi Thu, 2019), dan sebagai bahan komposit karbon sulfur untuk katoda baterai litium-sulfur (Zhao dkk., 2015).

Baterai Litium-Sulfur adalah baterai yang terdiri dari anoda berupa logam litium titanat dan katoda berupa sulfur (Samaniego dkk., 2017). Kombinasi dari logam litium titanat dengan kapasitas spesifik teoritis 3830 mAh/g sebagai anoda dan unsur sulfur dengan kapasitas spesifik teoritis 1675 mAh/g sebagai katoda dalam baterai dapat menghasilkan energi spesifik yang tinggi sebesar 2600 Wh/kg. Nilai tersebut lebih tinggi dari baterai litium-ion dengan kapasitas spesifik dibawah 600 Wh/kg (Zhao dkk., 2016). Sulfur dapat dijadikan pilihan yang menarik sebagai bahan katoda untuk baterai litium karena memiliki

kapasitas spesifik teoritis yang tinggi, ketersediaan yang berlimpah dan tidak beracun (Samaniego dkk., 2017).

Namun, penggunaan sulfur masih mengalami tantangan karena konduktivitas sulfur yang rendah (5×10^{-30} S/cm) sehingga mengurangi kinetika reaksi elektrokimia dan terjadinya ekspansi volume yang besar selama reaksi S_8 menjadi Li_2S (Bai dkk., 2019). Tantangan lainnya adalah pembentukan polisulfida yang dapat bereaksi dengan anoda menyebabkan korosi pada logam Litium (Bai dkk., 2019). Polisulfida juga akan terus menerus bermigrasi ke katoda membentuk polisulfida dengan rantai yang lebih panjang sehingga menyebabkan penurunan kapasitas dan efisiensi Coulomb (Robinson dkk., 2021). Namun, penambahan bahan fungsional seperti karbon aktif ke dalam katoda sulfur dapat meminimalisir permasalahan tersebut. Bahan fungsional tersebut dapat memberikan peningkatan retensi kapasitas dengan meningkatkan konduktivitas listrik, meningkatkan interaksi fisik/kimia, dan menyediakan ruang kosong untuk melawan ekspansi volume. (Robinson dkk., 2021)

Karbon aktif itu sendiri didefinisikan sebagai suatu senyawa amorf yang diperoleh dari proses pembakaran atau dekomposisi termal berbagai substansi yang mengandung karbon dan menghasilkan tingkat porositas dan luas permukaan yang tinggi (Bansal dan Goyal, 2005). Limbah sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif karena memiliki kandungan lignoselulosa yang tinggi (Novia dkk., 2014). Selain itu, limbah sekam padi tersedia dalam jumlah yang berlimpah sehingga harganya jauh lebih murah dan juga dapat dijadikan alternatif yang lebih ramah terhadap lingkungan dibandingkan dengan bahan baku batu bara yang merupakan bahan bakar tak terbarukan, tidak ramah lingkungan, penyebab polusi dan efek rumah kaca, dan harganya yang cukup mahal.

Karbonisasi adalah tahap konversi prekursor (biomassa) menjadi suatu padatan dengan kandungan karbon tinggi yang disebut *char*. Karbonisasi hidrotermal adalah karbonisasi yang prosesnya meliputi pemanasan di bawah 300°C menggunakan media H_2O bertekanan dan menghasilkan produk berupa *hydrochar* (Kambo dan Dutta, 2015). Setelah melalui tahap karbonisasi, karbon aktif kemudian dilanjutkan dengan tahap aktivasi. Aktivasi bertujuan untuk menghilangkan senyawa pengotor seperti tar yang melekat pada pori-pori karbon aktif sehingga luas permukaan dari karbon aktif akan meningkat (Pierson, 1993). Aktivasi yang dilakukan adalah aktivasi kimia dimana tahap ini memanfaatkan reaksi kimia karbon aktif dari hasil karbonisasi dengan zat kimia (*activating agent*) yang dapat meningkatkan perolehan luas permukaan (Hui dan Zaini, 2015).

Sintesis karbon aktif dari sekam padi dilakukan melalui 2 tahap yaitu karbonisasi hidrotermal dan aktivasi kimia. Karbonisasi hidrotermal dilanjutkan dengan tahap aktivasi kimia yang menggunakan *activating agent* berupa KOH atau H₃PO₄ dengan rasio massa *hydrochar* terhadap *activating agent* adalah 1:2 dan 1:4. Tahap lebih lanjut adalah sintesis komposit karbon sulfur dengan cara mencampurkan karbon aktif dengan sulfur menggunakan metode difusi lebur. Fokus pada penelitian ini adalah proses sintesis karbon aktif dengan variasi rasio karbon aktif terhadap *activating agent*. Selanjutnya, pengaruh berbagai variasi terhadap karakteristik karbon aktif dan komposit karbon sulfur yang dihasilkan akan diteliti secara lebih spesifik.

1.2 Tema Sentral

Sekam padi merupakan limbah biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif karena memiliki kandungan lignoselulosa yang tinggi. Karbon aktif dapat diproses lebih lanjut menjadi komposit karbon sulfur yang dapat dimanfaatkan sebagai katoda dalam baterai litium-sulfur. Sintesis karbon aktif dilakukan dengan melalui tahap karbonisasi hidrotermal dan aktivasi kimia menggunakan *activating agent* H₃PO₄ atau KOH. Selanjutnya karbon aktif diubah menjadi komposit karbon sulfur melalui proses difusi lebur. Karbon aktif dan komposit karbon sulfur akan dikarakterisasi dengan metode SEM-EDS dan XRD.

1.3 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah yang menjadi latar belakang dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh metode karbonisasi hidrotermal dan aktivasi kimia terhadap karakteristik (morfologi permukaan, struktur, komposisi atomik dan kristalinitas) dari produk karbon aktif yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh variasi penggunaan *activating agent* dalam tahap aktivasi kimia terhadap karakteristik (morfologi permukaan, struktur, komposisi atomik dan kristalinitas) dari produk karbon aktif yang dihasilkan?
3. Bagaimana pengaruh rasio antara massa *hydrochar* dengan *activating agent* (KOH atau H₃PO₄) dalam tahap aktivasi kimia terhadap karakteristik (morfologi permukaan, struktur dan komposisi atomik) dari produk karbon aktif yang dihasilkan?
4. Bagaimana hasil karakterisasi (struktur, komposisi atomik dan kristalinitas) dari komposit karbon sulfur yang dihasilkan?

1.4 Premis

Berbagai sintesis karbon aktif dari biomassa dengan menggunakan *activating agent* berupa H_3PO_4 dan KOH telah dilakukan oleh beberapa pihak. Hasil dari penelitian beserta variasi yang dilakukan akan disajikan pada Tabel 1.1 dan 1.2

Tabel 1.1 Variasi percobaan dengan luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan

No.	Biomassa	Karbonisasi	Temperatur Karbonisasi (°C)	Aktivasi	Rasio activator	Temperatur Aktivasi (°C)	Luas Permukaan (m ² /g)	Pustaka
1	Tongkol Jagung	HTC	250 (4h)	H_3PO_4	1:3	600 700	1474 1459	(J. Chen dkk., 2017)
2	Sukrosa	HTC	180 (8h)	H_3PO_4	1:1,7	800 900	1368 1939	(Shi dkk., 2019)
3	Tangkai Mawar	HTC	180 (6h) 210 (6h)	H_3PO_4	1:3	450	1673 1792	(Si, 2019)
4	Shengli Lignite	HTC	180 (8h) 200 (8h)	KOH	1:3 1:4	800	2810 3069 3162	(Wu dkk., 2017)
5	Selulosa	HTC	250 (2h) 250 (4h)	KOH	1:3 1:6	700	2296 2645 2494	(Sermyagina dkk., 2020)
6	Rumput Jujun	HTC	180(10h)	KOH	1:3 1:6	800 900	2710 2838	(MacDermid-Watts dkk., 2021)
7	Tandan Kosong Kelapa Sawit	HTC	200 (24h)	KOH	1:2 1:3	900	1031 1159	(Lauwira, 2021)

Tabel 1.2 Variasi percobaan dengan kapasitas adsorpsi karbon aktif yang dihasilkan

No.	Biomassa	Karbonisasi	Temperatur Karbonisasi (°C)	Aktivasi	Rasio activator	Temperatur Aktivasi (°C)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)	Pustaka
1	Kulit Bawang Bombay	HTC	200 (24h)	KOH	1:3	800	61,3	(Prijadi, 2020)
					1:4		66,2	
					1:5		50,6	
					1:3		59,6	
2	Kulit Kentang	HTC	200 (24h)	KOH	1:4	800	194,7	(Leonora, 2020)
					1:5		188,7	

1.5 Hipotesis

Dalam penelitian yang akan dilakukan dapat diusulkan beberapa hipotesis seperti berikut. Metode sintesis karbon aktif dengan karbonisasi hidrotermal dan aktivasi kimia akan menghasilkan karbon aktif dengan morfologi permukaan yang berpori, struktur karbon yang amorf serta kristalinitas yang rendah. Selain itu, terdapat pengaruh dalam variasi *activating agent* yang digunakan dimana *activating agent* KOH dapat menghasilkan karbon aktif dengan luas permukaan yang lebih besar, morfologi permukaan yang lebih berpori, struktur lebih amorf dan kristalinitas yang lebih rendah dibandingkan *activating agent* H₃PO₄. Peningkatan rasio dari *activating agent* dalam tahap aktivasi kimia juga akan memperoleh morfologi permukaan yang lebih berpori, pori-pori yang lebih terbuka dan komposisi unsur C yang lebih tinggi. Selanjutnya, tahap sintesis komposit karbon sulfur dengan metode difusi lebur akan menghasilkan morfologi permukaan berpori yang telah tertutup dengan sulfur dan kristalinitas yang tinggi.

1.6 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh karbonisasi hidrotermal dan aktivasi kimia dengan *activating agent* (H₃PO₄ dan KOH) terhadap karakteristik (morfologi permukaan, struktur, komposisi atomik dan kristalinitas) dari produk karbon aktif yang dihasilkan.
2. Membandingkan pengaruh variasi *activating agent* KOH dan H₃PO₄ dalam tahap aktivasi kimia terhadap karakteristik (morfologi permukaan, struktur, komposisi atomik dan kristalinitas) dari produk karbon aktif yang dihasilkan.
3. Mengetahui pengaruh rasio antara massa *hydrochar* dengan *activating agent* (KOH atau H₃PO₄) dalam impregnasi aktivasi kimia terhadap karakteristik (morfologi permukaan, struktur dan komposisi atomik) dari produk karbon aktif yang dihasilkan.
4. Mempelajari karakteristik (struktur, komposisi atomik dan kristalinitas) dari karbon aktif dan komposit karbon sulfur yang dihasilkan.

1.7 Manfaat Penelitian

1. Bagi Negara : Dapat mengambil bagian dalam pemanfaatan limbah sekam padi sehingga dapat menekan dampak limbah terhadap pencemaran lingkungan.

2. Bagi Industri : Dapat membantu industri dalam mengembangkan karbon sulfur sebagai alternatif katoda baterai litium sulfur yang berkualitas baik.
3. Bagi Ilmu Pengetahuan : Dapat memberikan pengetahuan baru dalam pemanfaatan limbah sekam padi sebagai bahan sintesis karbon aktif hingga menjadi karbon sulfur sebagai katoda baterai litium sulfur.
4. Bagi Masyarakat : Dapat membuka wawasan dan pengetahuan masyarakat dalam pemanfaatan limbah biomassa sekam padi.