

**KARAKTERISASI KATALIS ARANG AKTIF
TERSULFONASI BERBASIS KARBON
DARI TEMPURUNG KELAPA**

SKRIPSI

Diajukan Oleh

ISRA MARWINDA

NIM 210704022

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Kimia**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2025 M/ 1447 H**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

**KARAKTERISASI KATALIS ARANG AKTIF
TERSULFONASI BERBASIS KARBON
DARI TEMPURUNG KELAPA**

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
dalam Prodi Kimia

Oleh:
ISRA MARWINDA
NIM 210704022

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Kimia**

Disetujui untuk Dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I



Dr. Khairun Nisah, M.Si
NIDN 2016027902

Pembimbing II



Febrina Arfi, M.Si
NIDN 2021028601

A R - R A N I R Y

Mengetahui,
Ketua Program Studi Kimia



Muhammad Ridwan Harahap, M.Si
NIDN 2027118603

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**KARAKTERISASI KATALIS ARANG AKTIF
TERSULFONASI BERBASIS KARBON
DARI TEMPURUNG KELAPA**

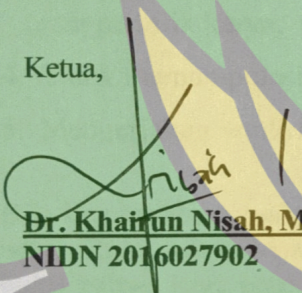
SKRIPSI

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan Dinyatakan Lulus
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S1)
Dalam Prodi Kimia

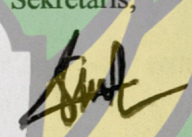
Pada Hari/Tanggal: Rabu, 30 Juli 2025
5 Safar 1447 H
di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi:

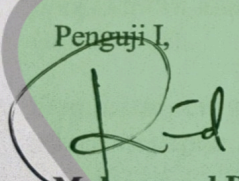
Ketua,


Dr. Khairun Nisah, M.Si
NIDN 2016027902

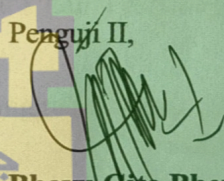
Sekretaris,


Febrina Arfi, M.Si
NIDN 2021028601

Penguji I,


Muhammad Ridwan Harahap, M.Si
NIDN 2027118603

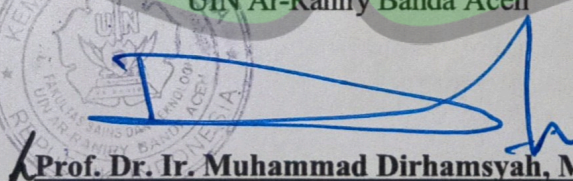
Penguji II,


Bhayu Gita Bhernama, M.Si
NIDN 2023018901

A R - R A N I R Y

Mengetahui:

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh


Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU
NIDN 0002106203

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Isra Marwinda

Nim : 210704022

Program Studi : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul : Karakterisasi Katalis Arang Aktif Tersulfonasi Berbasis Karbon
Dari Tempurung kelapa

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat bertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

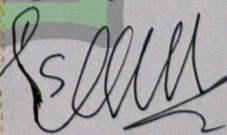
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

A R - R A N I R Y

Banda Aceh, 30 Juli 2025

Yang menyatakan




(Isra Marwinda)

ABSTRAK

Nama : Isra Marwinda
Nim : 210704022
Program Studi : Kimia
Judul : Karakterisasi Katalis Arang Aktif Tersulfonasi Berbasis Karbon
Dari Tempurung Kelapa
Tebal Skripsi : 58 lembar
Pembimbing I : Dr. Khairun Nisah, M.Si
Pembimbing II : Febrina Arfi, M.Si
Kata Kunci : karbonisasi, katalis arang aktif, kepadatan gugus asam, tempurung kelapa, sulfonasi.

Tempurung kelapa merupakan limbah biomassa yang berpotensi tinggi sebagai bahan baku katalis arang aktif tersulfonasi yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses sintesis serta karakteristik katalis berbasis karbon dari tempurung kelapa yang disulfonasi dengan asam sulfat pekat.

Proses sintesis dilakukan melalui tahapan karbonisasi pada suhu 400 °C selama 1 jam, aktivasi menggunakan H_3PO_4 , dan sulfonasi pada suhu 150 °C selama 4 jam. Karakterisasi katalis dilakukan menggunakan FTIR untuk identifikasi gugus fungsional, SEM-EDX untuk analisis morfologi dan kandungan unsur, serta uji titrasi asam-basa untuk menentukan kepadatan gugus $-\text{SO}_3\text{H}$.

Hasil FTIR menunjukkan adanya pita serapan khas gugus sulfonat ($-\text{SO}_3\text{H}$) pada 1030,97 cm^{-1} dan 1161,48 cm^{-1} , serta gugus fungsional lainnya seperti O-H (3072,60 cm^{-1}) dan C=O (1707,06 cm^{-1}), yang menandakan keberhasilan proses sulfonasi dan keberadaan gugus aktif lain pada permukaan katalis. Kandungan unsur berdasarkan EDX menunjukkan dominasi karbon sebesar 69,2%, oksigen 30,1%, dan sulfur 1,8%. Nilai kepadatan gugus asam yang diperoleh sebesar 0,75 mmol/g menunjukkan bahwa gugus $-\text{SO}_3\text{H}$ berhasil terikat, meskipun masih di bawah nilai optimal untuk aplikasi katalitik. Penelitian ini menyimpulkan bahwa tempurung kelapa memiliki potensi sebagai bahan baku katalis asam padat, namun memerlukan optimasi lebih lanjut untuk meningkatkan efisiensi fungsionalisasinya.

A R - R A N I R Y

ABSTRACT

Name : Isra Marwinda
Nim : 210704022
Study Program : Chemistry
Title : Characterization of Sulfonated Activated Carbon Catalysts Based on Coconut Shell Carbon
Thesis Thickness : 58 pages
Advisor I : Dr. Khairun Nisah, M.Si
Advisor II : Febrina Arfi, M.Si
Keywords : Acid Density, Activated Carbon Catalyst, Carbonization, Coconut Shell, Sulfonation.

Coconut shell is a biomass waste with high potential as a sustainable raw material for environmentally friendly sulfonated activated carbon catalysts. This study aims to examine the synthesis process and characterize carbon-based catalysts derived from coconut shells which was sulfonated using concentrated sulfuric acid.

The synthesis process involved carbonization at 400 °C for 1 hour, activation using H_3PO_4 , and sulfonation at 150 °C for 4 hours. Characterization techniques included FTIR spectroscopy for functional group identification, SEM-EDX for surface morphology and elemental composition, and acid-base titration for determining the density of $-SO_3H$ groups.

FTIR analysis revealed strong absorption bands at 1030.97 cm^{-1} and 1161.48 cm^{-1} corresponding to sulfonate groups ($-SO_3H$), along with bands for $O-H$ (3072.60 cm^{-1}) and $C=O$ (1707.06 cm^{-1}), indicating the successful sulfonation process and the presence of additional polar functional groups. EDX results showed that the catalyst contained 69.2% carbon, 30.1% oxygen, and 1.8% sulfur. The acid density was measured at 0.75 mmol/g, confirming the attachment of sulfonate groups, although still below optimal values for catalytic performance. This study concludes that coconut shell is a promising precursor for solid acid catalysts, but further optimization of the activation and sulfonation conditions is needed to enhance its catalytic efficiency.

A R - R A N I R Y

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmannirrahim

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah menganugerahkan Al-Quran sebagai hudan linnass (petunjuk bagi seluruh manusia) dan rahmatan lil'alamin (rahmat bagi segenap alam). Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi. Shalawat dan salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad Saw beserta keluarga, para sahabat dan seluruh umatnya yang selalu istiqomah hingga akhir zaman. Dalam kesempatan ini penulis mengambil judul skripsi "Karakterisasi Katalis Arang Aktif Tersulfonasi Berbasis Karbon dari Tempurung Kelapa". Penulisan skripsi bertujuan untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat-syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, terutama kepada orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan untaian doa nya selama ini. Penulis juga mendapatkan banyak pengetahuan dan wawasan baru yang sangat berarti. Oleh karena itu, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Bapak Muhammad Ridwan Harahap, M.Si., Selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Ibu Dr. Khairun Nisah, M.Si., selaku Dosen Pembimbing I Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Ibu Febrina Arfi, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

5. Seluruh Ibu/Bapak Dosen dan Staf Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
6. Ibu Nizar Mauliza, S.Si., Selaku laboran Program Studi Kimia, Laboratorium Multifungsi yang telah membantu penulis selama penelitian.
7. Semua pihak yang turut membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan dan dorongannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, semoga segala bantuan dan doa yang telah diberikan mendapat balasan dari Allah SWT.

Banda Aceh, 21 Juli 2025

Penulis

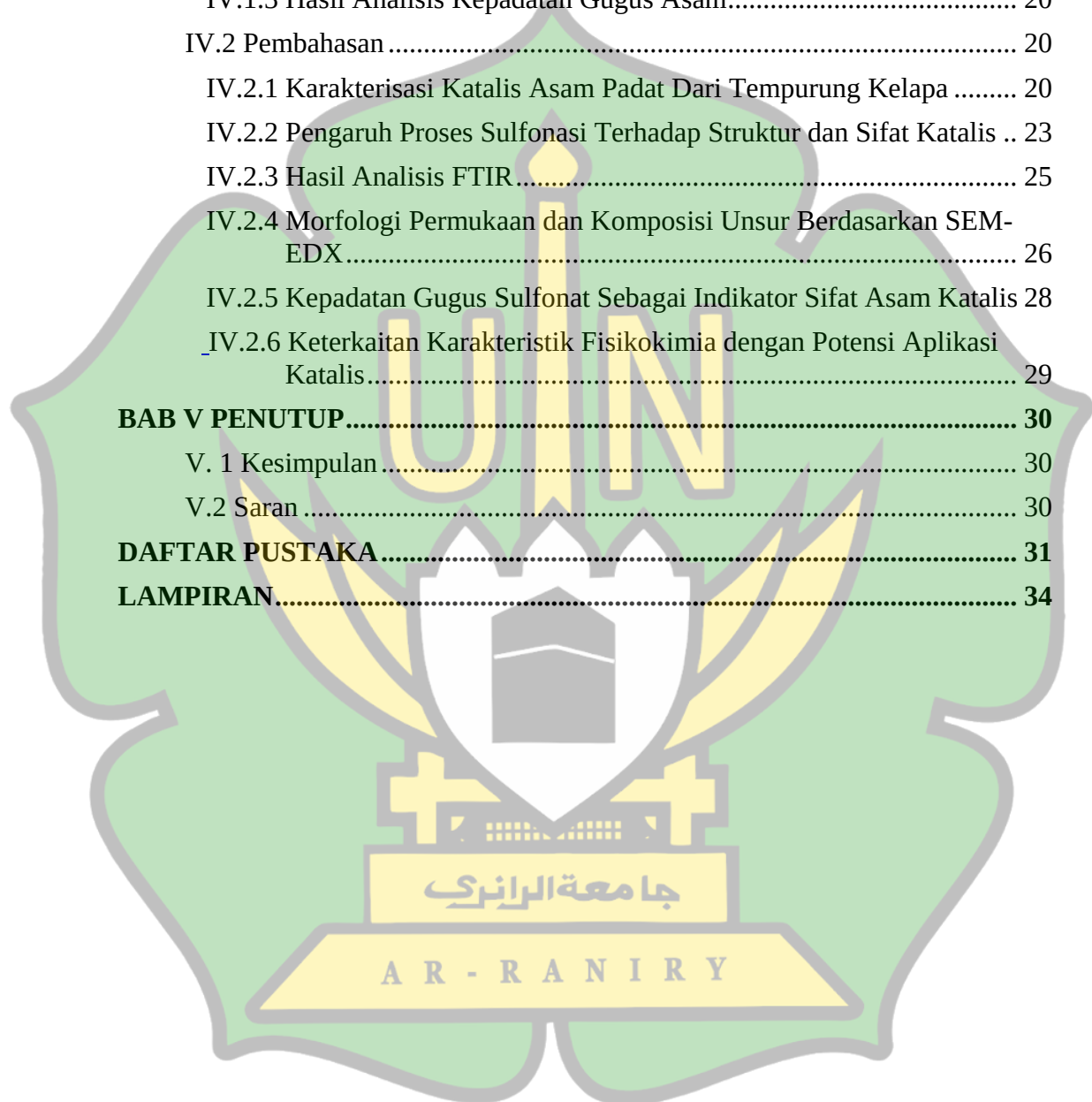
Isra Marwinda



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
I.4 Manfaat Penelitian.....	3
I.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Biomassa Katalis.....	4
II.1.1 Tempurung Kelapa.....	4
II.1.2 Proses Karbonisasi, Aktivasi dan Sulfonasi Tempurung Kelapa.....	5
II.2 Katalis	6
II.2.1 Katalis Arang Aktif.....	6
II.2.2 Katalis Arang Aktif Tersulfonasi.....	7
II.3 Karakterisasi Katalis Asam Padat Tersulfonasi.....	8
II.3.1 FTIR (<i>Fourier-Transform Infrared Spectroscopy</i>).....	9
II.3.2 SEM-EDX (<i>Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive X-ray</i>)	10
II.3.3 Pengukuran Kepadatan Gugus Asam Sulfonat.....	11
BAB III METODE PENELITIAN	13
III.1 Waktu dan Tempat.....	13
III.2 Alat dan Bahan	13
III.3 Prosedur Kerja	13
III.4 Diagram Alir.....	16

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
IV.1 Data Hasil Pengamatan.....	17
IV.1.1 Hasil Percobaan Katalis Asam Padat Dari Tempurung Kelapa	17
IV.1.2 Hasil Analisis FTIR.....	17
IV.1.3 Hasil Analisis SEM-EDX dan <i>Mapping</i>	19
IV.1.3 Hasil Analisis Kepadatan Gugus Asam.....	20
IV.2 Pembahasan	20
IV.2.1 Karakterisasi Katalis Asam Padat Dari Tempurung Kelapa	20
IV.2.2 Pengaruh Proses Sulfonasi Terhadap Struktur dan Sifat Katalis ..	23
IV.2.3 Hasil Analisis FTIR.....	25
IV.2.4 Morfologi Permukaan dan Komposisi Unsur Berdasarkan SEM-EDX.....	26
IV.2.5 Kepadatan Gugus Sulfonat Sebagai Indikator Sifat Asam Katalis	28
IV.2.6 Keterkaitan Karakteristik Fisikokimia dengan Potensi Aplikasi Katalis.....	29
BAB V PENUTUP	30
V. 1 Kesimpulan.....	30
V.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA.....	31
LAMPIRAN.....	34



DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Tempurung kelapa	5
Gambar II.2	Katalis asam padat tersulfonasi.....	8
Gambar II.3	Instrumen FTIR (fourier-transform infrared spectroscopy).....	10
Gambar II.4	Instrumen SEM-EDX (scanning electron microscopy - energy dispersive x-ray).....	11
Gambar II.5	Rangkaian alat titrasi asam basa	12
Gambar III.1	Diagram alir.....	16
Gambar IV.1	Grafik FTIR karbon aktif tempurung kelapa	17
Gambar IV.2	Grafik FTIR katalis tersulfonasi	18
Gambar IV.3	Hasil analisis SEM (a) sampel dengan perbesaran 500x (b) sampel	19
Gambar IV.4	Pemetaan menggunakan EDX.....	19
Gambar IV.5	Hasil analisa titrasi asam basa	20



DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Kandungan organik pada limbah pertanian.....	6
Tabel II.2 Kepadatan gugus asam pada limbah pertanian	8
Tabel IV.1 Data pengamatan proses pembuatan katalis asam padat.....	17
Tabel IV.2 Data puncak serapan FTIR pada sampel karbon aktif	18
Tabel IV.3 Data puncak serapan FTIR pada katalis tersulfonasi.....	18
Tabel IV.4 Persen atom dan massa penyebaran pada katalis menggunakan EDX.....	20
Tabel IV.5 Hasil kepadatan gugus asam pada limbah pertanian.....	20



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema Penelitian	34
Lampiran 2 Diagram Alir Penelitian.....	35
Lampiran 3 Hasil Analisis FTIR.....	37
Lampiran 4 Hasil Analisis SEM-EDX & Mapping	38
Lampiran 5 Hasil Analisis Kepadatan Gugus Asam.....	41
Lampiran 6 Dokumentasi Penelitian dan Hasil Penelitian.....	42



DAFTAR SINGKATAN

MKSB	<i>Murumuru Kernel Shell Biochar</i>	2
PKS	<i>Palm Kernel Shell</i>	2
S150-4	Sulfonasi suhu 150 °C selama 4 jam	2
SEM-EDX	<i>Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive X-ray</i>	2
TPD-NH ₃	<i>Temperature Programmed Desorption-Ammonia</i>	2



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Katalis adalah zat yang mampu mempercepat laju reaksi kimia tanpa mengalami perubahan komposisi setelah reaksi selesai. Dalam industri, penggunaan katalis sangat penting karena dapat meningkatkan efisiensi proses, mempercepat reaksi, dan mengurangi kebutuhan energi dalam suatu reaksi kimia. Katalis dibagi menjadi dua jenis, yaitu katalis homogen dan heterogen. Katalis homogen memiliki fase yang sama dengan reaktan, tetapi memiliki kekurangan seperti kesulitan pemisahan dan biaya tinggi untuk pemurnian, serta tidak dapat digunakan kembali. Sebaliknya, katalis heterogen yang memiliki fase berbeda dengan reaktan, lebih mudah dipisahkan dan dapat digunakan kembali, sehingga mengatasi kekurangan yang ada pada katalis homogen (Ikhsan dan Nizar, 2020; Davis, 2019; Al-Ghamdi dan Al-Bishri, 2021).

Salah satu jenis katalis heterogen yang banyak dikembangkan adalah katalis asam padat berbasis karbon tersulfonasi. Katalis ini mengandung gugus sulfonat ($-SO_3H$) yang menempel pada permukaan bahan karbon dan sangat efektif untuk berbagai reaksi organik, seperti esterifikasi, transesterifikasi, dan hidrokracking. Katalis tersulfonasi memiliki kestabilan termal yang baik dan dapat digunakan kembali tanpa penurunan signifikan dalam aktivitas katalitik (Ikhsan dan Nizar, 2020). Katalis tersulfonasi ini disintesis dari bahan karbon aktif, yang dapat diperoleh melalui karbonisasi biomassa lignoselulosa. Berbagai jenis limbah biomassa seperti tongkol jagung (Dechakhumwat dkk. 2020), kulit (Bureros dkk. 2019), cangkang murumuru (Bastos dkk. 2020), dan tempurung kelapa sawit (Farabi dkk. 2019) telah berhasil dimanfaatkan sebagai bahan dasar katalis, karena kandungan karbonnya yang tinggi.

Dalam konteks keberlanjutan, pemanfaatan limbah biomassa sebagai bahan dasar katalis menjadi solusi ramah lingkungan yang semakin dilirik. Tempurung kelapa, yang merupakan limbah hasil pertanian melimpah di Indonesia, khususnya di Provinsi Aceh, mengandung lignin sekitar 30% serta senyawa karbon lainnya yang ideal sebagai bahan baku karbon aktif. Indonesia sebagai salah satu penghasil kelapa terbesar di dunia menghasilkan sekitar 18,3 juta ton kelapa per tahun, dengan

potensi limbah tempurung mencapai 360.000 ton/tahun (Telaumbanua dkk. 2024)

Proses sintesis katalis melibatkan beberapa tahapan penting: karbonisasi, pencucian, aktivasi, dan sulfonasi. Tahap sulfonasi menjadi kunci utama dalam menentukan jumlah situs asam yang terbentuk (Sujiono dkk. 2022; Zhang dkk. 2021). Penelitian Zhang dkk. (2021) menunjukkan bahwa suhu 150 °C selama 4 jam merupakan kondisi optimal untuk fungsionalisasi permukaan karbon dengan gugus $-SO_3H$ tanpa merusak struktur karbon secara signifikan.

Parameter penting lainnya adalah kapasitas asam yang dimiliki oleh katalis, karena menentukan seberapa banyak situs aktif tersedia untuk berinteraksi dengan reaktan. Berdasarkan penelitian Ghani dkk. (2021), katalis karbon tersulfonasi dengan kapasitas asam minimal 600–700 $\mu\text{mol/g}$ (0,6–0,7 mmol/g) sudah menunjukkan aktivitas yang baik dalam reaksi esterifikasi. Nilai ini menjadi batas bawah efektivitas katalis sulfonat dalam aplikasi konversi asam lemak bebas menjadi biodiesel.

Karakterisasi katalis dilakukan menggunakan berbagai metode, antara lain SEM untuk morfologi, EDX untuk komposisi unsur, FTIR untuk identifikasi gugus fungsional, dan titrasi asam-basa untuk menentukan kepadatan situs asam. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa proses sulfonasi menurunkan porositas namun meningkatkan kandungan sulfur dan kepadatan gugus asam, yang mengindikasikan keberhasilan modifikasi permukaan (Correa dkk. 2020; Farabi dkk. 2019).

Penelitian ini dilaksanakan sebagai upaya untuk memaksimalkan potensi limbah tempurung kelapa dalam menghasilkan katalis asam padat yang memiliki kinerja baik serta nilai keberlanjutan tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan secara luas dalam aplikasi reaksi kimia.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan, maka dapat disimpulkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan H_2SO_4 terhadap sifat katalis arang aktif tersulfonasi yang dihasilkan?
2. Bagaimana struktur morfologi dan persentase massa kandungan unsur pembuatan katalis arang aktif tersulfonasi ?

I.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, dapat disimpulkan bahwa tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan H_2SO_4 terhadap sifat katalis arang aktif tersulfonasi yang dihasilkan
2. Untuk mengetahui struktur morfologi dan persentase massa kandungan unsur pembuatan katalis arang aktif tersulfonasi

I.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh setelah melaksanakan penelitian ini adalah:

1. Meningkatkan nilai tambah limbah tempurung kelapa sebagai bahan baku katalis.
2. Mengembangkan metode katalis arang aktif berbasis karbon tersulfonasi dari tempurung kelapa

I.5 Batasan Masalah

1. Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan katalis adalah tempurung kelapa sebagai sumber karbon.
2. Proses pembuatan katalis hanya melalui 3 tahap, yaitu: karbonisasi, aktivasi menggunakan H_3PO_4 , dan sulfonasi dengan H_2SO_4 pekat.
3. Suhu yang digunakan pada proses karbonisasi yaitu $400^\circ C$ selama 1 jam untuk menghasilkan karbon aktif dari tempurung kelapa.
4. Karakterisasi terbatas pada teknik tertentu seperti FTIR, SEM-EDX dan uji kepadatan gugus asam.