

**SINTESIS Si-Na-C BERBASIS BATU BARA DAN
DICALITE DIATOMITE SEBAGAI BAHAN BAKU KATODA BATERAI**

Skripsi

Digunakan untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam Memperoleh Gelar Sarjana

Teknik

Program Studi Teknik Kimia



DISUSUN OLEH

Muhammad Garda Nugroho

22031010011

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK & SAINS

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR

SURABAYA

2025

**SINTESIS Si-Na-C BERBASIS BATU BARA DAN
DICALITE DIATOMITE SEBAGAI BAHAN BAKU KATODA BATERAI**

Skripsi

Digunakan untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam Memperoleh Gelar Sarjana

**Teknik
Program Studi Teknik Kimia**



DISUSUN OLEH
Muhammad Garda Nugroho

22031010011

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK & SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
SURABAYA**

2025



Laporan Hasil Penelitian

"Sintesis Si-Na-C Berbasis Batu Bara Dan Dicalite Diatomite
Sebagai Bahan Baku Katoda Baterai"

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN HASIL PENELITIAN

"SINTESIS Si-Na-C BERBASIS BATU BARA DAN

DICALITE DIATOMITE SEBAGAI BAHAN BAKU KATODA BATERAI"

DISUSUN OLEH

MUHAMMAD GARDA NUGROHO

NPM. 22031010011

Telah dipertahankan, dihadapkan dan diterima oleh Dosen Penguji

Pada Tanggal : 21 Agustus 2025

Dosen Penguji

1.

Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, M. T.

NIP. 19640611 199203 2 001

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Srie Muljani, M.T.

NIP. 19611112 198903 2 001

2.

Ir. Ketut Sumada, M.S.

NIP. 19620118 198803 1 0011

Atika Nandini, S.T., M.S.

NPT. 202 19931006 211

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jarivah, MP

NPT. 19650403 199103 2 001



Laporan Hasil Penelitian

“Sintesis Si-Na-C Berbasis Batu Bara Dan Dicalite Diatomite
Sebagai Bahan Baku Katoda Baterai”

KETERANGAN REVISI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : 1. Muhammad Garda Nugroho

NPM. 22031010011

2. Bilgis Laily Pratama Putri

NPM. 22031010025

Jurusan : Teknik Kimia

Telah mengerjakan revisi/tidak ada revisi*)Proposal/Skripsi/Kerja Praktek,
dengan

Judul :

**“SINTESIS Si-Na-C BERBASIS BATU BARA DAN DICALITE
DIATOMITE SEBAGAI BAHAN BAKU KATODA BATERAI”**

Surabaya, 28 Agustus 2025

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi :

1. Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, M. T.

NIP. 19640611 199203 2 001

2. Ir. Ketut Sumada, M.S.

NIP. 19620118 198803 1 0011

Mengetahui

Dosen Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. Srie Muljani, M.T.

NIP. 19611112 198903 2 001

Dosen Pembimbing II

Atika Nandini, S.T., M.S.

NPT. 202 19931006 211



Laporan Hasil Penelitian

"Sintesis Si-Na-C Berbasis Batu Bara Dan Dicalite Diatomite
Sebagai Bahan Baku Katoda Baterai"

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Garda Nugroho
NPM : 22031010011
Fakultas/Program Studi : Teknik & Sains / Teknik Kimia
Judul Skripsi/Tugas Akhir/Tesis/Desetasi : Sintesis Si-Na-C Berbasis Batu Bara dan Dicalite Diatomite Sebagai Bahan Baku Katoda Baterai

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di UPN Veteran Jawa Timur maupun di Institusi Pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila dikemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun, sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN Veteran Jawa Timur.

Surabaya, 28 Agustus 2025

Yang menyatakan



(Muhammad Garda Nugroho)



Laporan Hasil Penelitian

“Sintesis Si-Na-C Berbasis Batu Bara Dan Dicalite Diatomite Sebagai Bahan Baku Katoda Baterai”

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT berkat Rahmat, Hidayah, dan Karunia-Nya kepada kita semua sehingga Penyusun dapat menyelesaikan laporan hasil penelitian dengan judul “Sintesis Si-Na-C Berbasis Batu Bara dan Dicalite Diatomite Sebagai Bahan Baku Katoda Baterai”. Laporan hasil penelitian disusun sebagai salah satu syarat untuk pengerjaan penelitian pada program Strata-1 di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur. Ucapan terima kasih juga penyusun sampaikan kepada orang-orang yang bersama kami dalam menyelesaikan laporan hasil penelitian ini:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.
2. Dr. Ir. Sintha Soraya Santi, M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.
3. Prof. Dr. Ir. Srie Muljani, M.T., selaku Dosen Pembimbing Penelitian penyusun, pendidik dan pribadi terbaik yang mendampingi penyusun menjalani pilihan untuk mendalami ilmu Teknik kimia secara mendalam.
4. Atika Nandini, S.T., M.S., selaku Dosen Pembimbing Penelitian penyusun, pendidik dan pribadi terbaik yang mendampingi penyusun menjalani pilihan untuk mendalami ilmu Teknik kimia secara mendalam.
5. Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, M.T., selaku Dosen Penguji dalam penelitian ini.
6. Ir. Ketut Sumada, M.S., selaku Dosen Penguji dalam penelitian ini.
7. Kedua orang tua penyusun yang senantiasa memberikan motivasi dan semangat baik moril maupun materiil.
8. Teman-teman yang telah mendukung dan memberikan dukungan pada penyusun dalam hal proses penelitian.

Penyusun menyadari masih terdapat kekurangan dalam penyusunan laporan hasil penelitian ini. Penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun atas laporan hasil penelitian ini. Akhir kata, penyusun mohon maaf yang sebesar-



Laporan Hasil Penelitian

“Sintesis Si-Na-C Berbasis Batu Bara Dan Dicalite Diatomite
Sebagai Bahan Baku Katoda Baterai”

besarnya kepada semua pihak, apabila dalam penyusunan laporan hasil penelitian penyusun melakukan kesalahan baik yang disengaja maupun tidak disengaja.

Surabaya, 28 Agustus 2025

Penyusun



Laporan Hasil Penelitian

“Sintesis Si-Na-C Berbasis Batu Bara Dan Dicalite Diatomite
Sebagai Bahan Baku Katoda Baterai”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
KETERANGAN REVISI.....	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
INTISARI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I. 1. Latar Belakang	1
I. 2. Tujuan	3
I. 3. Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II. 1. Secara Umum.....	5
II. 1. 1. Batu Bara.....	5
II. 1. 2. Dicalite Diatomite	6
II. 1. 3. Natrium Silikat dan Silika Xerogel	7
II. 1. 4. Silika	8
II. 1. 5. Karakteristik Silika.....	9
II. 1. 6. Si-Na-C sebagai Bahan Katoda Baterai	10
II. 2. Landasan Teori	12
II. 2. 1. Silika Natrium Carbon (Si-Na-C)	12
II. 2. 2. Sol-Gel	12
II. 2. 3. Reaksi Polimerisasi	12
II. 2. 4. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi	14
II. 2. 5. Aplikasi Silika Natrium Carbon (Si-Na-C).....	16
II. 3. Hipotesis	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
III. 1. Bahan Baku Penelitian	19



Laporan Hasil Penelitian

“Sintesis Si-Na-C Berbasis Batu Bara Dan Dicalite Diatomite
Sebagai Bahan Baku Katoda Baterai”

III. 2. Alat Penelitian	19
III. 3. Rangkaian Alat Penelitian	19
III. 4. Variabel Penelitian	20
III. 4. 1. Kondisi yang ditetapkan	20
III. 4. 2. Kondisi yang Dijalankan	20
III. 5. Prosedur	21
III. 6. Analisis Karakterisasi	22
III. 7. Diagram Alir	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
IV. 1. Analisis Komposisi Bahan Baku dengan Uji <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF)	24
IV. 2. Analisis Komposisi Produk (Si-Na-C) dengan Uji <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF).....	27
IV. 3 Pengaruh pH terhadap Komposisi	32
IV. 4. Analisis Karakterisasi Si-Na-C dengan Uji <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)...	35
IV. 5. Analisis Karakterisasi Si-Na-C dengan Uji Scanning Electron Microscope- Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)	37
IV. 6. Analisis Karakterisasi Si-Na-C dengan Uji <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	41
IV. 7. Analisis <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV).....	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
V. 1. Kesimpulan.....	44
V. 2. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN I	53
LAMPIRAN II	54



Laporan Hasil Penelitian

“Sintesis Si-Na-C Berbasis Batu Bara Dan Dicalite Diatomite
Sebagai Bahan Baku Katoda Baterai”

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Data Uji XRF Dicalite Diatomite	7
Tabel II. 2 Parameter Baterai Logam Udara.	17
Tabel IV. 1 Komposisi Dicalite Diatomite dengan Uji <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF).....	24
Tabel IV. 2 Komposisi Batu Bara dengan Uji <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF).....	25
Tabel IV. 3 Komposisi Larutan Natrium Silikat dengan Uji <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF).....	26
Tabel IV. 4 Komposisi Filtrat Batu bara dengan Uji Kandungan C Organik.....	27
Tabel IV. 5 Komposisi Oksida Si-Na-C dengan Uji <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF)...	27
Tabel IV. 6 Komposisi Unsur Si-Na-C dengan Uji <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF).....	28



Laporan Hasil Penelitian

“Sintesis Si-Na-C Berbasis Batu Bara Dan Dicalite Diatomite
Sebagai Bahan Baku Katoda Baterai”

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Struktur Bangun Kristal (a) dan Amorf (b) dari Silika.....	9
Gambar III. 1 Rangkaian Alat Ekstraksi	19
Gambar III. 2 Diagram Alir Proses Pembuatan.....	23
Gambar IV. 1 Pengaruh pH terhadap Komposisi (%) Silika (Si).....	32
Gambar IV. 2 Pengaruh pH terhadap Komposisi (%) Natrium (Na).....	33
Gambar IV. 3 Pengaruh pH terhadap Komposisi (%) Karbon (C).....	34
Gambar IV. 4 Hasil Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) pada Si-Na-C.....	35
Gambar IV. 5 Hasil Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX) pada Si-Na-C Konsentrasi 1:1 pH 6.....	37
Gambar IV. 6 Hasil Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX) pada Si-Na-C Konsentrasi 1:2 pH 6.....	38
Gambar IV. 7 Hasil Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX) pada Si-Na-C Konsentrasi 1:3 pH 6.....	39
Gambar IV. 8 Hasil Karakterisasi <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) pada Si-Na-C.....	41
Gambar IV. 9 Cyclic Voltammogram Si-Na-C Menggunakan Elektrolit NaCl....	42



Laporan Hasil Penelitian

“Sintesis Si-Na-C Berbasis Batu Bara Dan Dicalite Diatomite Sebagai Bahan Baku Katoda Baterai”

INTISARI

Batu bara dan dicalite diatomite merupakan sumber daya alam melimpah di Indonesia yang pemanfaatannya masih terbatas sehingga berpotensi menimbulkan limbah dan dampak lingkungan. Batu bara kaya akan karbon, sedangkan dicalite diatomite mengandung silika tinggi, sehingga kombinasi keduanya berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku sintesis silika natrium karbon (Si-Na-C) untuk katoda baterai natrium-ion. Penelitian ini bertujuan mensintesis Si-Na-C menggunakan metode sol-gel dengan mempelajari pengaruh variasi rasio filtrat batu bara terhadap filtrat dicalite diatomite (1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5) dan pH asidifikasi (4, 5, 6, 7, 8) dan aplikasinya sebagai material katoda. Proses meliputi ekstraksi silika dan karbon, asidifikasi menggunakan asam sitrat, pengeringan pada 110 °C selama 24 jam, dan kalsinasi pada 450 °C selama 3 jam. Karakterisasi meliputi *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk analisis komposisi, *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk identifikasi fasa kristal, *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) untuk morfologi dan distribusi unsur, *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) untuk identifikasi gugus fungsional, serta *Cyclic Voltammetry* (CV) untuk evaluasi aktivitas elektrokatalitik. Hasil XRF menunjukkan bahwa kondisi rasio konsentrasi 1:2 pH 4 diperoleh komposisi terbaik dengan komposisi silika, natrium dan karbon sesuai standart material katoda (SiO₂ 77,96%, Na 4,44%, C 15,87%). Analisis XRD menunjukkan dominasi struktur silika amorf dengan sebagian fase karbon grafit, sedangkan SEM-EDX memperlihatkan morfologi homogen dengan pori halus. FTIR mengidentifikasi gugus Si-O-Si, Na-O-Si, dan C-SiC yang menguatkan keterikatan karbon dan natrium dalam matriks silika. Uji *Cyclic Voltammetry* (CV) menghasilkan bahwa rasio 1:3 pH 6 menunjukkan respons elektrokatalitik tertinggi dengan arus puncak besar dan kestabilan siklus yang baik, sehingga berpotensi paling optimal dari sisi performa elektrokimia. Dengan demikian, rasio 1:2 pH 4 direkomendasikan untuk aplikasi yang memprioritaskan struktur stabil dan kandungan ketiga komponen yang sesuai standart material katoda.