



**SINTESIS KOBALT TERENKAPSULASI NANOKARBON
SEBAGAI ELEKTROKATALIS REAKSI OKSIDASI METANOL**

Skripsi

diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Kimia

Oleh

Achelia Nafisa Putri Sandani

4311419069

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2023

PERNYATAAN

PERNYATAAN

Skripsi yang ditulis berjudul "Sintesis Kobalt Terenkapsulasi Nanokarbon Sebagai Elektrokatalis Reaksi Oksidasi Metanol" merupakan karya ilmiah asli dan bukan hasil plagiasi dari karya ilmiah orang lain. Pendapat atau temuan orang yang dikutip di dalam Skripsi ini telah ditulis berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, 5 September 2023



Achelia Nafisa Putri Sandani
4311419069

PERSETUJUAN PEMBIMBING

PERSETUJUAN PEMBIMBING

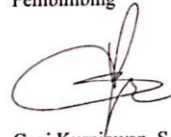
Skripsi yang berjudul "Sintesis *Nanocarbon Encapsulated Cobalt* sebagai Elektrokatalis Reaksi Oksidasi Metanol" yang disusun oleh:

Nama : Achelia Nafisa Putri Sandani
NIM : 4311419069
Prodi : Kimia

telah disetujui untuk diajukan ke sidang skripsi

Semarang, 5 September 2023

Pembimbing



Cepi Kurniawan, S.Si., M.Si, Ph.D
NIP. 198104112005011001

PENGESAHAN

PENGESAHAN




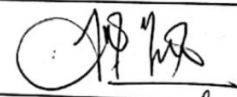

Skripsi yang berjudul "Sintesis Kobalt Terenkapsulasi Nanokarbon sebagai Elektrokatalis Reaksi Oksidasi Metanol" yang disusun oleh:

Nama : Achelia Nafisa Putri Sandani

NIM : 4311419069

telah dipertahankan dalam ujian skripsi pada Senin, 11 September 2023

Tim: Penguji

Ketua Penguji Prof. Dr. Edy Cahyono, M.Si. NIP. 196412051990021001	
Sekretaris Prof. Dr. Nanik Wijayati, M.Si. NIP. 196910231996032002	
Penguji 1 Dr. Sri Wahyuni, M. Si. NIP. 196512281991022001	
Penguji 2 Dr. Nuni Widiarti, S. Pd., M. Si. NIP. 197810282006042001	
Penguji 3/Pembimbing Cepi Kurniawan, S. Si., M. Si., Ph. D. NIP. 198104112005011001	

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Anytime someone tells me that I can’t do something, I want to do it more cause life is unpredictable sometimes”

-Taylor Swift

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan bagi orangtua saya yang telah mendukung perkuliahan saya dalam menuntut ilmu, keluarga, teman-teman saya Aufa, Anisa, Nilasari, Bernadeth, Riska, Isti, Hani, Aul, Acha, dan Diah atas *support* yang telah diberikan serta Ardiansyah sebagai *partner* dalam menyelesaikan skripsi juga pihak-pihak yang tertarik dengan topik penelitian ini.

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim dengan rasa syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya kepada penulis, telah menentukan atas segala sesuatu pada hamba-Nya, juga meridhai setiap langkah yang telah dilalui, sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Sintesis Kobalt Terenkapsulasi Nanokarbon Sebagai Elektrokatalis Reaksi Oksidasi Metanol”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang;
2. Bapak Cepi Kurniawan, Ph. D. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi serta dukungan yang tidak ternilai harganya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
3. Ibu Dr. Sri Wahyuni, M. Si. dan Ibu Dr. Nuni Widiarti S. Pd., M. Si. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran serta masukan kepada penulis;
4. Bapak/Ibu Dosen Jurusan Kimia yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
5. Keluarga besar Laboratorium Kimia Anorganik FMIPA UNNES dan FMG'19 yang membantu penulis selama penelitian dan penyusunan untuk menyelesaikan skripsi ini;
6. Kedua orang tua dan adik-adik yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi pada penulis hingga terselesaikan skripsi ini;
7. Teman-teman seperjuangan Kimia angkatan 2019 yang telah memberikan semangat selama masa perkuliahan dan masa jatuh bangunnya penulis dalam penyelesaian skripsi;
8. Semua pihak yang telah memberikan do'a, bantuan, harapan, motivasi, dan saran-saran dalam penelitian dan penyusunan skripsi.

Diharapkan bahwa skripsi ini dapat memberikan manfaat yang berharga bagi para pembaca, terutama bagi penulis selaku peneliti sendiri dengan menambah wawasan yang bermanfaat dan memberikan sumbangan pemikiran untuk penelitian selanjutnya. Penulis ingin mengungkapkan terima kasih atas perhatian yang diberikan oleh berbagai pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi ini.

Semarang, 5 September 2023

Penulis

ABSTRAK

Achelia Nafisa Putri Sandani. 2023. *Sintesis Kobalt Terenkapsulasi Nanokarbon Sebagai Elektrokatalis Reaksi Oksidasi Metanol*. Skripsi. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Cepi Kurniawan, S. Si., M. Si., Ph. D.

Kata Kunci: 1,2,4-triazol, benzotriazol, elektrokatalis, kobalt terenkapsulasi nanokarbon, Oksidasi Metanol

Elektrokatalis berbasis kobalt telah berhasil disintesis dan dipreparasi dalam pengujian aktivitas katalitik reaksi oksidasi metanol dengan menggunakan ligan 1,2,4-triazol dan benzotriazol untuk menghasilkan Co-MOF yang didenotasi CoTrz-MOF dan CoBrz-MOF. Co-MOF kemudian dikarbonisasi untuk menghasilkan elektrokatalis kobalt terenkapsulasi nanokarbon dengan denotasi CoTrz-C dan CoBrz-C. Sintesis dilakukan dengan menggunakan metode hidrotermal kemudian dilanjutkan karbonisasi pada suhu 800°C. Karakterisasi material ini diobservasi melalui analisis TGA, FTIR, XRD, dan SEM. Proses karbonisasi efektif untuk menurunkan overpotensial elektrokimia. Kobalt terenkapsulasi nanokarbon memiliki fasa grafitik karbon dengan keberadaan ikatan Co-N dan Co-O. Performa elektrokatalis sebelum dan sesudah karbonisasi diuji menggunakan *cyclic voltammetry* (CV) dengan larutan KOH 1 M sebagai elektrolit dan untuk menguji kemampuan elektrokatalis dalam mengoksidasi metanol digunakan larutan metanol 0,5 M dan 1 M. Analisis elektrokimia menunjukkan bahwa terdapat aktivitas katalitik dari Co-MOF dan kobalt terenkapsulasi nanokarbon. Elektrokatalis CoBrz-C yang menggunakan ligan benzotriazol memberikan aktivitas katalitik terbaik dalam larutan KOH 1 M + metanol 0,5 M dengan overpotensial 0,568 V vs Ag/AgCl dan rapat arus 19,10 mA.cm⁻², sedangkan pada KOH 1 M + metanol 1 M overpotensial yang diperoleh adalah 0,694 V vs Ag/AgCl dan rapat arus 11,34 mA.cm⁻². Hal ini didukung oleh luas permukaan CoBrz-C yang lebih besar dibandingkan lainnya sehingga meningkatkan aktivitas reaksi oksidasi metanol.

ABSTRACT

Achelia Nafisa Putri Sandani. 2023. *Synthesis of Nanocarbon Encapsulated Cobalt as Electrocatalyst for Methanol Oxidation Reaction*. Thesis. Department of Chemistry. Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Semarang State University. Supervisor Cepi Kurniawan, S. Si., M. Si., Ph. D.

Keywords: 1,2,4-triazole, benzotriazole, electrocatalyst, methanol oxidation, nanocarbon encapsulated cobalt

Cobalt-based electrocatalysts have been successfully synthesized in testing the catalytic activity of methanol oxidation reaction using 1,2,4-triazole and benzotriazole ligands to produce Co-MOF denoted CoTrz-MOF and CoBrz-MOF. Co-MOF was then carbonized to produce nanocarbon encapsulated cobalt electrocatalysts denoted CoTrz-C and CoBrz-C. The synthesis was carried out using hydrothermal method followed by carbonization at 800°C. The characterization of these materials was observed through TGA, FTIR, XRD, and SEM analysis. The carbonization process is effective to reduce the electrochemical overpotential. Nanocarbon encapsulated cobalt has a carbon graphitic phase with the presence of Co-N and Co-O bonds. The performance of electrocatalyst before and after carbonization was tested using cyclic voltammetry (CV) with 1 M KOH solution as electrolyte and to test the ability of electrocatalyst in oxidizing methanol, 0,5 M and 1 M methanol solution was used. Electrochemical analysis shows that there is catalytic activity of Co-MOF and nanocarbon encapsulated cobalt. The CoBrz-C electrocatalyst using benzotriazole ligand gave the best catalytic activity in 1 M KOH + 0,5 M methanol solution with an overpotential of 0,568 V vs Ag/AgCl and current density of 19,10 mA.cm⁻², while in 1 M KOH + 1 M methanol the overpotential obtained was 0,694 V vs Ag/AgCl and current density of 11,34 mA.cm⁻². This was supported by the larger surface area of CoBrz-C compared to others, thus increasing the activity of the methanol oxidation reaction.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN.....	iii
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	Error! Bookmark not defined.
PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	Error! Bookmark not defined.
PRAKATA.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	Error! Bookmark not defined.
ABSTRACT.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR GAMBAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.
BAB I PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2. Identifikasi Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3. Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.4. Batasan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.5. Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.6. Manfaat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.7 Keaslian Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1. Kajian Pustaka.....	Error! Bookmark not defined.
2.2. Landasan Teori.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.1. <i>Direct Methanol Fuel Cells (DMFC)</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2.2. Elektrokatalis	Error! Bookmark not defined.
2.2.3. Sintesis Kobalt Terenkapsulasi Nanokarbon Metode Hidrotermal	Error! Bookmark not defined.
2.2.4. <i>Cyclic Voltammetry (CV)</i>	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODE PENELITIAN.....	Error! Bookmark not defined.
3.1. Pendekatan dan Desain Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.

3.2. Lokasi Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3. Fokus Penelitian/Sampel dan Populasi.....	Error! Bookmark not defined.
3.4. Variabel Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.4.1. Variabel Bebas	Error! Bookmark not defined.
3.4.2. Variabel Terikat	Error! Bookmark not defined.
3.4.3. Variabel Kontrol	Error! Bookmark not defined.
3.5. Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.6. Prosedur Kerja.....	Error! Bookmark not defined.
3.6.1. Sintesis Elektrokatalis.....	Error! Bookmark not defined.
3.6.2. Karakterisasi	Error! Bookmark not defined.
3.6.3. Analisis Elektrokimia	Error! Bookmark not defined.
3.7. Teknik Keabsahan Data.....	Error! Bookmark not defined.
3.8 Teknik Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
3.8.1 Analisis Data Aktivitas Katalitik Elektrokatalis.....	Error! Bookmark not defined.
3.8.2 Analisis Data Karakterisasi Elektrokatalis ..	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1 Sintesis Kobalt Terenkapsulasi Nanokarbon dengan Ligan 1,2,4-Triazol dan Benzotriazol.....	Error! Bookmark not defined.
4.2 Karakterisasi Kobalt Terenkapsulasi Nanokarbon Sebelum dan Sesudah Karbonasi.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.1 Analisis <i>Thermal Gravimetric</i> (TGA)	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 Analisis Spektra IR	Error! Bookmark not defined.
4.2.3 Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	Error! Bookmark not defined.
4.2.4 Analisis Scanning Electron Microscopy (SEM).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.5 Analisis <i>Surface Area Analyzer</i> (SAA)	Error! Bookmark not defined.
4.3 Pengujian Aktivitas Katalitik Co-MOF dan Kobalt Terenkapsulasi Nanokarbon	Error! Bookmark not defined.
4.3.1 <i>Cyclic Voltammogram</i> dari Elektroda Co-MOF/SPCE dan Kobalt Terenkapsulasi Nanokarbon/SPCE dalam KOH 1 M.....	Error! Bookmark not defined.

4.3.2 <i>Cyclic Voltammogram</i> dari Elektroda Co-MOF/SPCE dan Kobalt Terenkapsulasi Nanokarbon/SPCE dalam KOH 1 M dan Metanol.....	Error!
Bookmark not defined.	
4.3.3 Aktivitas Katalitik MOR pada Elektroda CoBrz-C dan CoTrz-C	Error!
Bookmark not defined.	
BAB V PENUTUP.....	Error! Bookmark not defined.
5.1 Simpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2. 1 Kurva Cyclic Voltammetry (CV) dari Ni-MOF, Co-MOF, NiCo-MOF, dan Pt/C(20%) pada larutan KOH 1,0 M. Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 2 Kurva CV dari Co@NC-Ni ₃ C/G-350 pada atmosfer CO jenuh Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 3 Hasil analisis SEM (a,b), TEM (c), HAADF-STEM dan elemental mapping Co@CNB..... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 4 Diagram skematik dari prinsip kerja DMFC Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 5 A) CV pada elektroda <i>glassy carbon</i> (GCE) termodifikasi komposit yang berbeda dalam NaOH (1 M), <i>scan rate</i> 100 mV/s; <i>inset</i> : perbandingan antara CV dari CuO-MOF dan CuO-C, B) Pengaruh <i>scan rate</i> (20-200 mV/s) pada NiCo ₂ O ₄ /CuO-C/GCE dalam NaOH (1 M); <i>inset</i> : hubungan linear antara puncak arus dan <i>scan rate</i> serta plot dari log j_p vs log v C) CV dari komposit yang berbeda dalam metanol (1 M); <i>inset</i> : perbandingan elektroda termodifikasi CuO-MOF dan CuO-C, D) Pengaruh <i>scan rate</i> pada NiCo ₂ O ₄ /CuO-C dalam metanol (1.0 M) dan NaOH (1 M); <i>inset</i> : CV ternormalisasi.. Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 6 Rancangan MOF untuk aplikasi elektrokimia Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 7 Struktur ligan 1,2,4-triazol Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 8 Ligan benzotriazol..... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 9 <i>Cyclic voltammograms</i> dari <i>glassy carbon electrode</i> (GCE) (a) Corannulene/GCE (b), ZIF-67/GCE (c), ZIF-67-Corannulene/GCE (d), PdNPs@Corannulene/GCE (e), PdNPs@ZIF-67/GCE (f) dan PdNPs@ZIF-67-Corannulene/GCE (g) dalam [Fe(CN) ₆] ^{3-/4-} 5.0 mM mengandung KCl 0,1 M sebagai elektrolit pendukung. Error! Bookmark not defined.	
Gambar 3. 1 Proses sintesis kobalt terenkapsulasi nanokarbon Error! Bookmark not defined.	
Gambar 4.1 Hasil sintesis a) CoBrz-MOF dan b) CoTrz-MOF Error! Bookmark not defined.	
Gambar 4.2 Persamaan reaksi CoTrz-MOF (a) dan CoBrz-MOF (b) Error! Bookmark not defined.	
Gambar 4.3 Hasil karbonisasi dari a) CoTrz-C dan b) CoBrz-C Error! Bookmark not defined.	
Gambar 4.4 Hasil Analisis TGA dari CoTrz-MOF dan CoBrz-MOF Error! Bookmark not defined.	

- Gambar 4.5 Spektrum IR CoTrz-C dan CoTrz-MOF. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.6 Spektrum IR CoBrz-MOF dan CoBrz-C. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.7 Pola difraksi XRD dari CoTrz-MOF dan CoTrz-C (a), CoBrz-MOF dan CoBrz-C (b)..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.8 Hasil analisis SEM pada CoTrz-MOF dan CoTrz-C (a,b), CoBrz-MOF dan CoBrz-C (c,d) pada perbesaran 10.000 kali**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.9 Kurva isoterm adsorpsi-desorpsi BET N₂ dari CoTrz-MOF dan CoBrz-MOF (a,c), CoTrz-C dan CoBrz-C (e,g), serta kurva isoterm adsorpsi-desorpsi BJH CoTrz-MOF dan CoBrz-MOF (b,d), CoTrz-C dan CoBrz-C (f,h) **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.10 Voltammogram CV pada variasi *scan rate* 10 – 1000 mV/s dari (a) SPCE, (b) CoTrz-MOF, (c) CTrz-C, (d) CoBrz-MOF, (e) CoBrz-C (f) Perbandingan elektrokatalis pada *scan rate* 50 mV/s dalam larutan KOH 1 M **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.11 Voltammogram CV dari (a) CoTrz-MOF, (b) CoTrz-C, (c) CoBrz-MOF, (d) CoBrz-C, (e) Perbandingan elektrokatalis pada *scan rate* 50 mV/s dalam larutan KOH 1 M + CH₃OH 0.5 M**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.12 Voltammogram CV dari (a) CoTrz-MOF, (b) CoTrz-C, (c) CoBrz-MOF, (d) CoBrz-C, (e) Perbandingan elektrokatalis pada *scan rate* 50 mV/s dalam larutan KOH 1 M + CH₃OH 1 M **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.13. Plot *current density vs square root* dari *scan rate* pada (a) Co-MOF dan kobalt terenkapsulasi nanokarbon dalam KOH 1 M + CH₃OH 0,5 M dan (b) KOH 1 M + CH₃OH 1 M **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 2. Perhitungan pembuatan larutan	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 3. Dokumentasi.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 4. Perhitungan Koefisien Difusi	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 5. Ekstrapolasi Overpotensial	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 6. SK Pembimbing.....	Error! Bookmark not defined.

