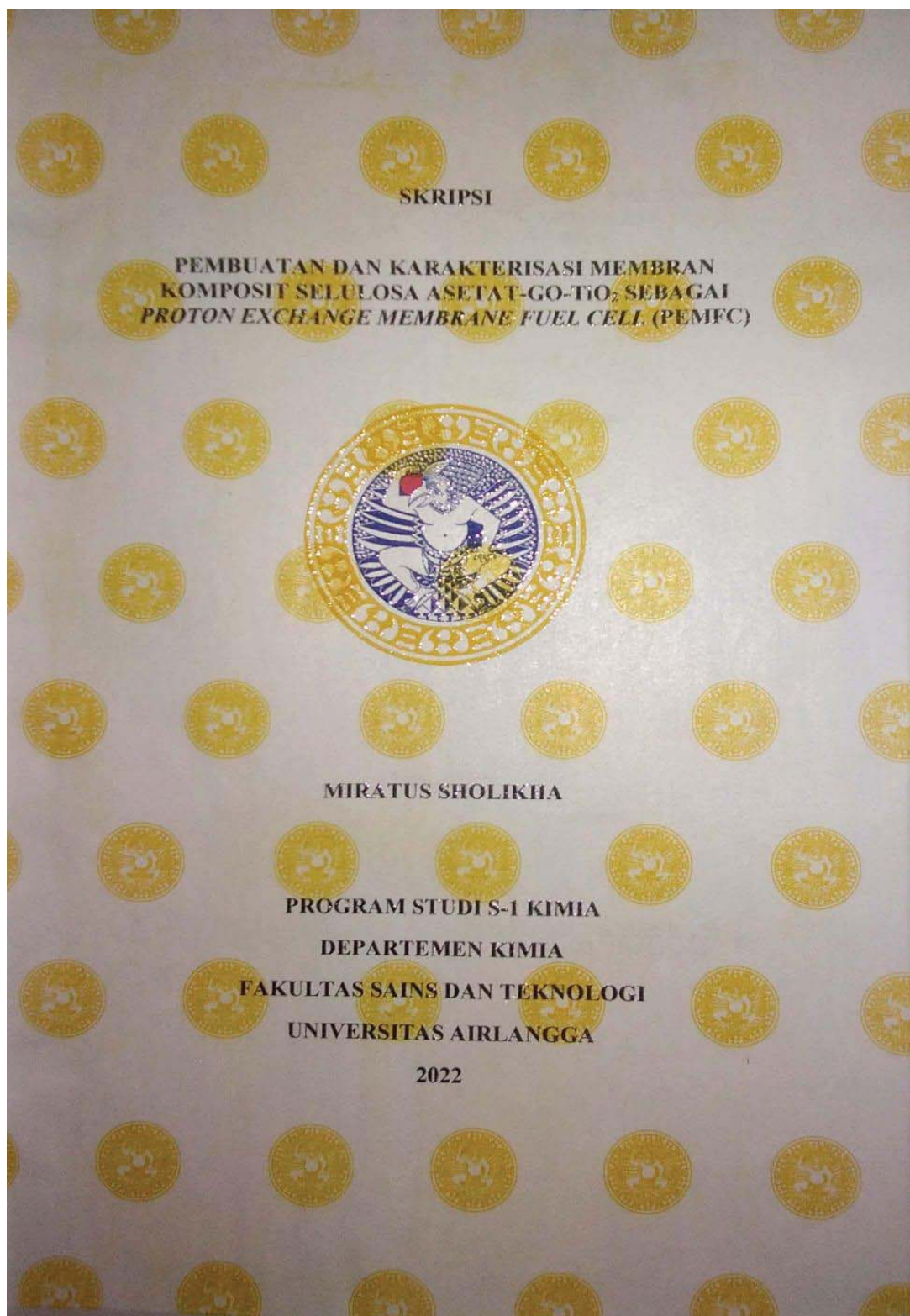






LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Pembuatan dan Karakterisasi Membran Komposit Selulosa asetat-
GO-TiO₂ sebagai *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC)

Penyusun : Miratus Sholikha

NIM : 081811533031

Pembimbing I : Siti Wafiroh, S.Si., M.Si.

Pembimbing II : Prof. Dr. Pratiwi Pudjiastuti, M.Si.

Tanggal Ujian : 25 Juli 2022

Disetujui oleh:

Pembimbing I, 
Siti Wafiroh, S.Si., M.Si.
NIP. 196812091994112001

Pembimbing II, 
Prof. Dr. Pratiwi Pudjiastuti, M.Si.
NIP. 196102051986012001

Mengetahui,
Ketua Departemen Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga


Mochammad Zakki Fahmi, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 198307022009121005

iii

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah. Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunianya-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan naskah skripsi yang berjudul **“Pembuatan dan Karakterisasi Membran Komposit Selulosa Asetat-GO-TiO₂ sebagai *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC)”**.

Penulis tidak lupa menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, membimbing, serta memberikan motivasi kepada penulis, khususnya kepada:

1. Ibu Siti Wafiroh, S. Si., M. Si., selaku dosen pembimbing I dan Ibu Prof. Dr. Pratiwi Pudjiastuti, M. Si., selaku dosen pembimbing II atas waktu, bimbingan, semangat, serta motivasi yang diberikan selama penyusunan naskah skripsi ini.
2. Ibu Harsasi Setyawati, S.Si., M.Si., selaku dosen wali yang telah memberikan semangat dan motivasi selama ini.
3. Bapak Mochammad Zakki Fahmi, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
4. Seluruh dosen Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga atas ilmu dan bimbingannya selama perkuliahan.
5. Pak Kamto selaku laboran dan Bu Kiki selaku analis di Laboratorium Kimia Fisik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
6. Orang tua dan saudara-saudara yang telah memberikan doa, semangat, dan dukungan selama penyusunan proposal skripsi ini.
7. Novi, Winanda, Shafira, Shinta, dan Siska yang senantiasa membantu penulis dalam melaksanakan penelitian di Laboratorium Kimia Fisik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
8. Wulan, Nisa, Junita, Mitha, dan Zubaidah yang setia menjalani suka dunia perkuliahan bersama penulis

9. Teman-teman Kimia Universitas Airlangga angkatan 2018 yang telah memberikan banyak doa dan dukungan demi kelancaran penulisan naskah skripsi ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa naskah ini masih belum sempurna, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga naskah skripsi ini bisa bermanfaat.

Surabaya, 11 Juli 2022
Penulis,

Miratus Sholikha

Sholikha, Miratus, 2022, Pembuatan dan Karakterisasi Membran Komposit Selulosa Asetat-GO-TiO₂ untuk *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC), skripsi ini di bawah bimbingan Siti Wafiroh, S.Si. dan Prof. Dr. Pratiwi Pudjiastuti, M.Si., Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRAK

Selama dua dekade terakhir, banyak dilakukan penelitian mengenai *fuel cell* sebagai pembangkit energi listrik untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan mengkarakterisasi membran komposit selulosa asetat-GO-TiO₂ sebagai *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) dengan variasi konsentrasi TiO₂ 0; 0,5; 1; 1,5; dan 2%. Pembuatan membran komposit dilakukan dengan metode inversi fasa. Sifat mekanik dan kinerja membran diuji dengan beberapa jenis pengujian seperti uji tarik, *swelling*, Kapasitas Pertukaran Ion (KPI), permeabilitas metanol, dan konduktivitas proton. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa membran komposit selulosa asetat-GO-1%TiO₂ mampu meningkatkan sifat mekanik dan kinerja membran dengan nilai *Modulus Young* sebesar $71,40 \times 10^6 \text{ N m}^{-2}$ dan nilai konduktivitas proton sebesar $5,31 \times 10^{-5} \text{ S cm}^{-1}$. Membran tersebut juga memiliki %*swelling* dan nilai permeabilitas metanol yang lebih baik dibandingkan Nafion masing-masing dengan nilai 6,50% dan $0,3 \times 10^{-4} \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Selain itu, membran komposit selulosa asetat-GO-2%TiO₂ menunjukkan nilai KPI paling baik, yakni 0,15 meq kg⁻¹. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa membran komposit selulosa asetat-GO-TiO₂ berpotensi sebagai PEM yang dapat diaplikasikan dalam PEMFC.

Kata kunci: PEMFC, TiO₂, grafen oksida, selulosa asetat

Sholikha, Miratus, 2022, Fabrication and Characterization of Cellulose acetate-GO-TiO₂ Composite Membrane as Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC), final project is under guidance of Siti Wafiroh, S.Si., M.Si. and Prof. Dr. Pratiwi Pudjiastuti, M.Si. Department of Chemistry, Faculty of Sains dan Technology, Airlangga University, Surabaya.

ABSTRACT

In the last two decades, a lot of research has been focused on fuel cells as a power plant to reduce dependence on fossil fuels. This study aims to fabricate and characterize the cellulose acetate-GO-TiO₂ composite membrane as a Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) with variations in the addition of TiO₂ concentration 0; 0.5; 1; 1.5; and 2%. A series of cellulose acetate-GO-TiO₂ composite membrane were fabricated via phase inversion method. The mechanical properties and membrane performance were tested by several types of tests such as mechanical, tensile, swelling, Ion Exchange Capacity (IEC), methanol permeability, and proton conductivity. The results clarified that cellulose acetate-GO-1%TiO₂ composite membrane is able to improve the mechanical properties and performance of the membrane with Young's modulus value of $71.40 \times 10^6 \text{ N m}^{-2}$ and a proton conductivity value of $5.31 \times 10^{-5} \text{ S cm}^{-1}$. The membrane also has a better %swelling and permeability of methanol compared to Nafion with values of 6,50% and $0.3 \times 10^{-4} \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. In addition, the cellulose acetate-GO-2%TiO₂ composite membrane showed the best IEC value, which was 0.15 meq kg^{-1} . The obtained results suggested that the developed cellulose acetate-GO-TiO₂ composite membrane could be potentially applied as PEM for possible use in PEMFC.

Keywords: *PEMFC, TiO₂, graphene oxide, cellulose acetate*

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Miratus Sholikha
NIM : 081811533031
Program Studi : S1 Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul:

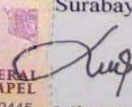
Pembuatan dan Karakterisasi Membran Komposit Selulosa Asetat- GO-TiO_2 sebagai *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC)

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan Tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.



Surabaya, 11 Juli 2022


Miratus Sholikha

NIM. 081811533031

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 <i>Fuel Cell</i>	7
2.2 Perkembangan Teknologi <i>Fuel Cell</i>	8
2.3 Material Membran PEMFC	9
2.3.1 Nafion.....	9
2.3.2 Selulosa asetat (SA)	10
2.3.3 Grafen oksida (GO).....	11
2.3.4 Titanium dioksida (TiO ₂)	13
2.4 Karakterisasi Membran Komposit Selulosa Asetat-GO-TiO ₂	14
2.4.1 Penentuan berat molekul secara viskometri.....	14
2.4.2 Uji <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	14

2.4.3 Uji <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	15
2.4.4 Uji <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	16
2.4.5 Uji <i>swelling</i>	16
2.4.6 Uji tarik	17
2.4.7 Uji penentuan konduktivitas proton	18
2.4.8 Uji Kapasitas Penukar Ion (KPI)	18
2.4.9 Uji permeabilitas metanol	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	20
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	22
3.4 Prosedur Penelitian	23
3.4.1 Preparasi pereaksi.....	23
3.4.2 Sintesis dan Karakterisasi <i>Raw Material</i>	23
3.4.2.1 Sintesis grafen oksida (GO).....	23
3.4.2.2 Karakterisasi <i>raw material</i> dengan <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	24
3.4.2.3 Karakterisasi <i>raw material</i> dengan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	24
3.4.2.4 Karakterisasi GO dengan <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> (EIS)	24
3.4.2.5 Penentuan berat molekul selulosa asetat.....	24
3.4.3 Pembuatan Membran Komposit Selulosa asetat-GO-TiO ₂	24
3.4.4 Karakterisasi Membran Komposit Selulosa asetat-GO-TiO ₂	25
3.4.4.1 Uji <i>swelling</i> membran.....	25
3.4.4.2 Uji tarik membran.....	25
3.4.4.3 Uji Kapasatitas Penukar Ion (KPI)	25
3.4.4.4 Uji permeabilitas metanol.....	26
3.4.5 Uji membran komposit yang paling optimal untuk PEMFC	26
3.4.5.1 Uji <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	26
3.4.5.2 Uji <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	26
3.4.5.3 Uji konduktivitas proton.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil Sintesis dan Karakterisasi <i>Raw Material</i>	27
4.1.1 Hasil sintesis grafen oksida (GO)	27
4.1.2 Hasil karakterisasi <i>raw material</i>	28
4.1.2.1 Hasil uji FTIR GO	28
4.1.2.2 Hasil uji XRD GO	29
4.1.2.3 Hasil uji konduktivitas proton GO.....	30
4.1.2.4 Hasil penentuan berat molekul selulosa asetat	30
4.1.2.5 Hasil uji FTIR selulosa asetat.....	31
4.1.2.6 Hasil uji XRD TiO ₂	32

4.2 Hasil Pembuatan Membran Komposit Selulosa asetat-GO-TiO ₂	33
4.3 Hasil Karakterisasi Membran Komposit Selulosa Asetat-GO-TiO ₂	33
4.3.1 Hasil uji <i>swelling</i>	33
4.3.2 Hasil uji tarik.....	34
4.3.3 Hasil uji Kapasitas Pertukaran Ion (KPI).....	36
4.3.4 Hasil uji permeabilitas metanol	37
4.4 Hasil Uji Membran Komposit Selulosa asetat-GO-TiO ₂ yang Paling Optimal untuk PEMFC	38
4.4.1 Hasil uji <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	38
4.4.2 Hasil uji <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	39
4.4.3 Hasil uji <i>konduktivitas proton</i>	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	42
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
4.1	Data spektrum FTIR GO hasil sintesis	28
4.2	Data nilai 2θ GO hasil sintesis	29
4.3	Data spektrum FTIR selulosa asetat	31
4.4	Data nilai 2θ TiO_2	32
4.5	Data spektrum membran komposit selulosa asetat-GO-1% TiO_2	39

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Skema operasi <i>fuel cell</i>	7
2.2	Struktur Nafion	10
2.3	Struktur selulosa asetat	11
2.4	Struktur GO	12
2.5	Mekanisme pembentukan GO	12
2.6	Struktur fase TiO ₂ yang dirender dalam model polihedron	14
2.7	Skema difraksi sinar-X	15
4.1	Hasil sintesis GO	28
4.2	Spektrum FTIR GO hasil sintesis	29
4.3	Pola difraksi sinar-X dari GO hasil sintesis	30
4.4	Spektrum FTIR selulosa asetat	31
4.5	Pola difraksi sinar-X dari TiO ₂	32
4.6	Hasil pembuatan membran komposit selulosa asetat-GO-TiO ₂	33
4.7	Diagram hubungan konsentrasi TiO ₂ dengan % <i>swelling</i>	34
4.8	Diagram hubungan konsentrasi TiO ₂ dengan tegangan (<i>stress</i>)	35
4.9	Diagram hubungan konsentrasi TiO ₂ dengan regangan (<i>strain</i>)	35
4.10	Diagram hubungan konsentrasi TiO ₂ dengan <i>Modulus Young</i>	36
4.11	Diagram hubungan konsentrasi TiO ₂ dengan KPI	37
4.12	Diagram hubungan konsentrasi TiO ₂ dengan permeabilitas metanol	38
4.13	Hasil uji SEM	39
4.14	Spektrum membran komposit selulosa asetat-GO-1%TiO ₂	40
4.15	Hipotesis struktur membran komposit selulosa asetat-GO-TiO ₂	40

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran
1	Pembuatan Larutan Pereaksi
2	Data Penentuan Berat Molekul Selulosa Asetat
3	Data Uji <i>Swelling</i>
4	Data Uji Sifat Mekanik Membran
5	Data Uji Kapasitas Pertukaran Ion (KPI)
6	Data Uji Permeabilitas Metanol
7	Data Uji Konduktivitas Proton
8	Diagram Plot Nyquist Hasil Uji EIS
9	Hasil Uji XRD
10	Hasil Uji FTIR