

SKRIPSI

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI MEMBRAN
KOMPOSIT KITOSAN-OKSIDA GRAFENA (GO) DENGAN
CROSSLINKER SODIUM TRIPOLIFOSFAT (STPP)
SEBAGAI PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL
(PEMFC)**



WINANDA RIZKI FEBRIANTI

**PROGRAM STUDI S-1 KIMIA
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

2022

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI MEMBRAN KOMPOSIT
KITOSAN-OKSIDA GRAFENA (GO) DENGAN *CROSSLINKER*
SODIUM TRIPOLIFOSFAT (STPP) SEBAGAI *PROTON EXCHANGE*
MEMBRANE FUEL CELL (PEMFC)**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang
Kimia pada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga**

**Winanda Rizki Febrianti
NIM 091811533016**

Disetujui oleh :

Pembimbing I,

**Siti Wafiroh, S.Si., M.Si
NIP. 196812091994112001**

Pembimbing II,

**Prof. Dr. Pratiwi Pudjiastuti, M.Si
NIP. 196102051986012001**

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Pembuatan dan Karakterisasi Membran Komposit Kitosan-Oksida grafena (GO) dengan *Crosslinker* Sodium Tripolifosfat (STPP) sebagai *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC)

Penyusun : Winanda Rizki Febrianti

NIM : 081811533016

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


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

Tanggal Sidang : 25 Juli 2022

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,


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


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

Mengetahui,
Ketua Departemen Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga


Mochamad Zakki Fahmi, M.Si., Ph.D.
NIP. 198307022009121005

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penulis dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah.

Dokumen skripsi ini merupakan milik Universitas Airlangga.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya kepada seluruh makhluk ciptaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi yang berjudul “**Pembuatan dan Karakterisasi Membran Komposit Kitosan-Oksida Grafena (GO) dengan Crosslinker Sodium Tripolifosfat (STPP) sebagai Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)**” dapat diselesaikan. Naskah skripsi ini ditulis dalam rangka memenuhi persyaratan akademik menjadi Sarjana Sains bidang Kimia di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.

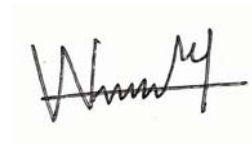
Penulis menyadari dalam penyusunan naskah skripsi ini tidak dapat dilakukan sendiri. Oleh karena itu, di dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Ibu Siti Wafiroh, S.Si., M.Si., sebagai dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi dan nasehatnya dalam penyelesaian naskah skripsi ini.
2. Ibu Prof. Dr. Pratiwi Pudjiastuti, M.Si., sebagai dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi dan nasehatnya dalam penyelesaian naskah skripsi ini.
3. Bapak A. Budi Prasetyo, Drs., M.T., selaku dosen wali yang selalu memberikan motivasi, kritik, dan saran yang membangun untuk anak walinya.
4. Bapak Mochamad Zakki Fahmi, M.Si., Ph.D. selaku Ketua Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
5. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan didikan, dukungan, kritik, saran serta ilmu bermanfaat kepada penulis.
6. Pak Kamto dan Bu Kiki selaku laboran dan analis Laboratorium Kimia Fisik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
7. Mama, ayah, dan mbah uti serta keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat dan doa-doanya kepada penulis.
8. Dr. Yu Yu Aung dan Siti Febtria S.Si., yang telah membantu dan memberikan motivasi serta saran kepada penulis selama pengerjaan skripsi.
9. Dita, Novi, Shafira, Miratus, Shinta, Siska, dan Yudha selaku teman seperjuangan yang telah memberikan dukungan, semangat, dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Teman-teman Mahasiswa kimia Universitas Airlangga angkatan 2018 (HIBRID) yang senantiasa mendukung dan memberi semangat kepada penulis.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang senantiasa mendukung dan memberi semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari naskah skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan karenanya penulis minta maaf dan mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada pihak – pihak yang telah membantu penulis. Demikian kiranya kritik dan saran yang membangun dari para pembaca sangat penulis

harapkan sebagai upaya peningkatkan kualitas dari naskah skripsi ini, serta penulis berharap semoga naskah skripsi ini dapat membantu dalam mengembangkan ilmu pengetahuan.

Surabaya, 10 Juli 2022

A handwritten signature in black ink on a light yellow background. The signature is stylized and appears to read 'Winanda Rizki Febrianti'.

Winanda Rizki Febrianti

Febrianti, Winanda R., 2022, Pembuatan dan Karakterisasi Membran Komposit Kitosan-Oksida Grafena (GO) dengan Crosslinker Sodium Tripolifosfat (STPP) sebagai Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC), skripsi dibawah bimbingan Siti Wafiroh, S.Si., M.Si., dan Prof. Dr. Pratiwi Pudjiastuti, M.Si., Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRAK

Kebutuhan energi semakin meningkat dengan bertambahnya penduduk sehingga pasokan energi fosil semakin berkurang. Oleh karena itu, *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) memiliki potensi sebagai sumber energi alternatif ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan mengkarakterisasi membran komposit kitosan-GO dengan *crosslinker* STPP sebagai PEMFC. Kitosan dikarakterisasi dengan menentukan berat molekul rata-rata dan FTIR. GO disintesis menggunakan metode *Hummer* dan dikarakterisasi dengan XRD, FTIR dan penentuan konduktivitas proton dengan EIS. Pembuatan membran dilakukan dengan mengikat silangkan larutan kitosan dengan larutan STPP dan menambahkan variasi konsentrasi GO 0; 0,5; 1; 1,5; 2% dalam larutan *dope*. Pengujian sifat mekanik dan kinerja membran dilakukan dengan uji tarik, uji *swelling*, uji kapasitas penukar ion, dan uji permeabilitas metanol. Membran yang memiliki sifat mekanik dan kinerja yang optimal dikarakterisasi dengan FTIR, SEM dan EIS. Berat molekul rata-rata kitosan diperoleh $710,95 \times 10^3$ gram/mol. Hasil difraktogram GO menunjukkan adanya puncak difraksi pada $2\theta = 10,70^\circ$ dan GO memiliki konduktivitas proton sebesar 0,2547 S/cm. Membran komposit kitosan-STPP-GO konsentrasi 1,5% menunjukkan hasil yang optimal meliputi nilai *Modulus Young* sebesar $14,437 \times 10^5$ N/m², permeabilitas metanol sebesar $1,38 \times 10^{-3}$ kg/m²s, KPI sebesar 2,536 meq/gram, dan konduktivitas proton sebesar $6,369 \times 10^{-4}$ S/cm. Berdasarkan hasil analisis diatas, membran komposit kitosan-STPP-GO 1,5% berpotensi untuk diaplikasikan sebagai PEMFC.

Kata kunci : kitosan, oksida grafena, pengikat silang, PEMFC

Febrianti, Winanda R., 2022, Production dan Characterization of the Chitosan-Graphene Oxide (GO) Composite Membrane with Sodium Tripolyphosphate Crosslinker as Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC), The script is under guidance of Siti Wafiroh, S.Si., M.Si., and Prof. Dr. Pratiwi Pudjiastuti, M.Si., Department of Chemistry, Faculty of Science and Techology, Airlangga University, Surabaya.

ABSTRACT

Energy consumption has been increased every year due to population growth, which can decrease the fossil fuel. Therefore, Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) has potential eco-friendly as an alternative energy source. The purpose of this research is to produce and characterize of chitosan-graphene oxide (GO) composite membrane with sodium tripolyphosphate (STPP) crosslinker as PEMFC. Chitosan was characterized by FTIR and average molecular weight test. GO was synthesized using the Hummer method. GO was characterized by XRD, FTIR and proton conductivity with EIS. The production of membrane was crosslinked chitosan solution into sodium tripolyphosphate solution and added of variation of GO concentration 0; 0.5; 1.0; 1.5 and 2.0 % into dope solution. The mechanical properties and membrane performance were tested such as mechanical, swelling, tensile, ion measuring capacity, and methanol permeability. The optimal mechanical and performance membranes properties were characterized by FTIR, SEM and EIS. The average molecular weight of chitosan was obtained $710,95 \times 10^3$ grams/mol. The results of the GO diffractogram showed the presence of a diffraction pattern at $2\theta = 10.70^\circ$ and proton conductivity of GO was obtained 0,2547 S/cm. The composite membrane of chitosan-STPP-GO with a concentration of GO 1.5% showed an optimal result such as Modulus Young was acheaved $14,437 \times 10^5$ N/m², and $1,38 \times 10^{-3}$ kg/m²s of methanol permeability. The ion exchange capacity (IEC) was gained 2,536 meq/gram, and $6,369 \times 10^{-4}$ S/cm of proton conductivity. The results indicated that composite membrane of chitosan-STPP-GO with a concentration of GO 1.5 has potential for the application as PEMFC.

Keywords : chitosan, graphene oxide, crosslinker, PEMFC

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Winanda Rizki Febrianti

NIM : 081811533016

Program Studi : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penelitian saya yang berjudul :

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI MEMBRAN KOMPOSIT
KITOSAN-OKSIDA GRAFENA (GO) DENGAN *CROSSLINKER*
SODIUM TRIPOLIFOSFAT (STPP) SEBAGAI *PROTON EXCHANGE*
MEMBRANE FUEL CELL (PEMFC)**

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah diterapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar – benarnya.

Surabaya, 10 Juli 2022



Winanda Rizki Febrianti

081811533016

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	8
1.3 Tujuan Penelitian.....	9
1.4 Manfaat Penelitian.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 <i>Fuel Cell</i>	10
2.2 Perkembangan Teknologi <i>Fuel Cell</i>	13
2.3 Material Membran PEMFC.....	14
2.3.1 Nafion.....	14
2.3.2 Kitosan.....	15
2.3.3 Oksida grafena (GO).....	17
2.3.4 Sodium tripolifosfat (STPP).....	19
2.4 Mekanisme Kinerja Membran PEMFC.....	21
2.5 Karakterisasi Membran PEMFC.....	22
2.5.1 Penentuan berat molekul rata-rata.....	23
2.5.2 <i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i>	23
2.5.3 <i>X-ray Diffraction (XRD)</i>	24
2.5.4 <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	25
2.5.5 Uji <i>swelling</i>	26
2.5.6 Uji tarik.....	27
2.5.7 Uji kapasitas penukar ion (KPI).....	27
2.5.8 Uji permeabilitas metanol.....	28

2.5.9 Uji konduktivitas proton	29
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	30
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	30
3.2.1 Bahan-bahan penelitian	30
3.2.2 Alat-alat penelitian.....	31
3.3 Diagram Alir	32
3.4 Prosedur Penelitian.....	33
3.4.1 Preparasi pereaksi	33
3.4.1.1 Pembuatan larutan CH ₃ COOH 2%	33
3.4.1.2 Pembuatan larutan NaOH 4%.....	33
3.4.1.3 Pembuatan larutan metanol 5 M	33
3.4.1.4 Pembuatan larutan NaOH 0,01 N	33
3.4.1.5 Pembuatan larutan HCl 0,603 N	33
3.4.1.6 Pembuatan larutan HCl 0,01 N	34
3.4.1.7 Pembuatan larutan H ₂ SO ₄ 0,5 M.....	34
3.4.1.8 Pembuatan larutan HCl 10%.....	34
3.4.2 Sintesis dan karakterisasi <i>raw material</i>	34
3.4.2.1 Sintesis oksida grafena.....	34
3.4.2.2 Penentuan berat molekul rata-rata kitosan	35
3.4.2.3 Karakterisasi kitosan dengan FTIR.....	35
3.4.2.4 Karakterisasi GO dengan XRD.....	36
3.4.2.5 Karakterisasi GO dengan FTIR	36
3.4.2.6 Penentuan konduktivitas proton GO dengan EIS	36
3.4.3 Pembuatan membran komposit kitosan-STPP-GO	36
3.4.4 Karakterisasi membran komposit kitosan-GO-STPP	37
3.4.4.1 Uji tarik membran	37
3.4.4.2 Uji <i>swelling</i>	38
3.4.4.3 Penentuan kapasitas penukar ion (KPI)	38
3.4.4.4 Uji permeabilitas metanol	38
3.4.5 Membran komposit kitosan-GO-STPP yang memiliki sifat mekanik dan kinerja yang optimal untuk aplikasi PEMFC	39
3.4.6 Karakterisasi membran komposit kitosan-STPP-GO yang memiliki sifat mekanik dan kinerja yang optimal untuk aplikasi PEMFC	39

3.4.6.1	Karakterisasi morfologi membran komposit kitosan-STPP-GO dengan SEM.....	39
3.4.6.2	Karakterisasi membran komposit kitosan-STPP-GO dengan ATR-FTIR	40
3.4.6.3	Penentuan konduktivitas proton membran komposit kitosan-STPP-GO dengan EIS	40
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1	Hasil Sintesis dan Karakterisasi <i>Raw Material</i>	41
4.1.1	Hasil sintesis oksida grafena.....	41
4.1.2	Hasil penentuan berat molekul rata - rata kitosan	43
4.1.3	Hasil karakterisasi kitosan dengan FTIR	44
4.1.4	Hasil karakterisasi oksida grafena (GO) dengan XRD	45
4.1.5	Hasil karakterisasi oksida grafena (GO) dengan FTIR.....	46
4.1.6	Hasil penentuan konduktivitas proton GO dengan EIS	48
4.2	Hasil Pembuatan Membran Komposit Kitosan-STPP-GO	49
4.3	Hasil Karakterisasi Membran Komposit Kitosan-STPP-GO	50
4.3.1	Hasil uji tarik membran	51
4.3.2	Hasil uji <i>swelling</i>	53
4.3.3	Hasil penentuan kapasitas penukar ion (KPI).....	54
4.3.4	Hasil uji permeabilitas metanol	56
4.4	Membran Komposit Kitosan-STPP-GO yang Memiliki Sifat Mekanik dan Kinerja Optimal Untuk Aplikasi PEMFC	58
4.5	Hasil Karakterisasi Membran Komposit Kitosan-STPP-GO yang Memiliki Sifat Mekanik dan Kinerja yang Optimal Untuk Aplikasi PEMFC.....	59
4.5.1	Hasil karakterisasi morfologi membran komposit kitosan-STPP-GO dengan SEM	59
4.5.2	Hasil karakterisasi membran komposit kitosan-STPP-GO dengan FTIR	60
4.5.3	Hasil penentuan konduktivitas proton membran komposit kitosan-STPP-GO dengan EIS	62
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN.....		78

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
4.1	Data berat molekul rata-rata kitosan	43
4.2	Data spektra FTIR kitosan	44
4.3	Data difaktogram GO	46
4.4	Data spektra FTIR GO	47
4.5	Data spektra FTIR membran komposit kitosan-STPP-GO 1,5%	61

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Skema <i>fuel cell</i>	11
2.2	Struktur kimia Nafion	15
2.3	Struktur kitosan	16
2.4	Struktur sederhana GO	17
2.5	Mekanisme reaksi pada GO	18
2.6	Struktur sodium tripolifosfat	19
2.7	Struktur <i>crosslinked</i> kitosan dan STPP	20
2.8	Skema PEMFC	21
2.9	Pola refleksi sinar-X oleh kristal	25
4.1	Perubahan warna larutan pada proses oksidasi grafit	41
4.2	Serbuk oksida grafena (GO)	42
4.3	Spektra FTIR kitosan	44
4.4	Pola XRD GO dan Grafit	45
4.5	Spektra FTIR GO	47
4.6	Plot Nyquist dan <i>fitting circuit</i> pelet GO hasil sintesis dengan metode <i>Hummer</i>	49
4.7	Membran komposit kitosan-STPP dengan berbagai variasi konsentrasi GO (0%; 0,5%; 1%; 1,5%; 2%)	50
4.8	Diagram nilai <i>stress</i> (tegangan) dari 5 variasi GO	51
4.9	Diagram nilai <i>strain</i> (regangan) dari 5 variasi GO	52

4.10	Diagram nilai <i>Modulus Young</i> dari 5 variasi GO	53
4.11	Diagram hasil uji <i>swelling</i> dari 5 variasi GO	54
4.12	Diagram hasil penentuan kapasitas penukar ion dari 5 variasi GO	55
4.13	Alat <i>dead-end</i> untuk uji permeabilitas metanol	56
4.14	Diagram hasil uji permeabilitas metanol dari 5 variasi GO	57
4.15	Hasil SEM permukaan membran komposit kitosan-STPP-GO 1,5%	59
4.16	Spektra FTIR membran komposit kitosan-STPP-GO 1,5%	61
4.17	Hipotesis ikatan kimia membran kitosan-STPP-GO	62
4.18	Plot Nyquist dan <i>fitting circuit</i> membran komposit kitosan-STPP-GO 1,5%	63

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran
1	Pembuatan larutan
2	Penentuan berat molekul rata-rata kitosan
3	Data uji tarik membran
4	Data uji <i>swelling</i>
5	Data penentuan kapasitas penukar ion
6	Data uji permeabilitas metanol
7	Spektra FTIR <i>raw</i> material dan membran komposit kitosan-STPP dengan konsentrasi GO 1,5%
8	Pola XRD GO
9	Hasil uji tarik membran komposit kitosan-STPP dengan konsentrasi GO 0%;0,5%;1%;1,5%;2%
10	Hasil SEM permukaan membran komposit kitosan-STPP dengan konsentrasi GO 1,5%
11	Hasil Analisa konduktivitas proton GO dan membran komposit kitosan-STPP dengan konsentrasi GO 1,5% dengan EIS