

**PENGEMBANGAN ELEKTRODA REFERENSI Cu/CuSO<sub>4</sub> PADATAN  
BERBASISKAN MEMBRAN FOTOPOLIMER pHEMA**



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2021

LAPORAN TUGAS AKHIR  
PENGEMBANGAN ELEKTRODA REFERENSI Cu/CuSO<sub>4</sub> PADATAN  
BERBASISKAN MEMBRAN FOTOPOLIMER pHEMA



Disusun oleh:

Nama : Andaranti Kwartania  
NIM : 41317120056  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
JULI 2021

## HALAMAN PENGESAHAN

### PENGEMBANGAN ELEKTRODA REFERENSI Cu/CuSO<sub>4</sub> PADATAN BERBASISKAN MEMBRAN FOTOPOLIMER pHEMA

Disusun oleh:

Nama : Andaranti Kwartania

NIM : 41317120056

Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing pada tanggal 17 Agustus 2021

Telah dipertahankan di depan penguji,

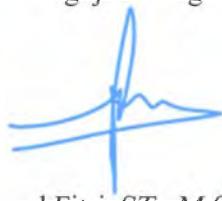
Pembimbing Tugas Akhir



(Sagir Alva, S.Si., M.Sc., Ph.D)

NIP. 116770512

Penguji Sidang I



(Muhamad Fitri, ST., M.Si, Ph.D)

NIP. 118690617

Penguji Sidang II

UNIVERSITAS

MERCU BUANA

(Ir. Rini Anggraini, MM)

NIP. 609560022

Penguji Sidang III

(Agung Wahyudi Biantoro, ST., MT., MM)

NIP. 0329106901

Mengetahui,

Kepala Program Studi Teknik Mesin



(Muhamad Fitri, ST., M.Si, Ph.D)

NIP. 118690617

Koordinator Tugas Akhir



(Alief Avicenna Luthfie, ST., M. Eng)

NIP. 216910097

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Andaranti Kwartania  
NIM : 41317120056  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Pengembangan Elektroda Referensi Cu/CuSO<sub>4</sub> Padatan Berbasiskan Membran Fotopolimer pHEMA

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan.

Jakarta, 17 Agustus 2021

UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**



Andaranti Kwartania

## PENGHARGAAN

Puji syukur kepada Allah swt yang telah memberikan karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengembangan Elektroda Referensi Cu/CuSO<sub>4</sub> Padatan Berbasiskan Membran Fotopolimer pHEMA”, beserta segala urusan yang beketerkaitan dengan Tugas Akhir.

Dalam proses melaksanakan kegiatan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, Penulis menyadari adanya banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara moril maupun materil. Oleh karena itu dalam kesempatan ini Penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu tercinta yang senantiasa sabar mendukung dan mendoakan untuk kesuksesan Penulis.
2. Kakak-kakak tercinta juga senantiasa mendukung dan memberi semangat kepada Penulis.
3. Bapak Sagir Alva, S.Si., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah sabar membimbing dalam segala prosedur penelitian hingga penulisan Laporan Tugas Akhir.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Ngadiono Surip, MS. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
5. Bapak Dr. Ir. Mawardi Amin, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
6. Bapak Muhammad Fitri, ST, M.Si, Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
7. Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST., M. Eng. selaku Koordinator Tugas Akhir.
8. Segenap Para Pengajar dan seluruh Staff Akademik yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan pada Penulis.
9. Dan kepada semua pihak lain yang turut serta membantu yang tidak dapat di sebutkan satu persatu.

Penulis sangat menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan ini hal tersebut tidak lain karena keterbatasan pengetahuan yang dimiliki Penulis. Oleh karena itu, Penulis dengan sangat terbuka menerima segala kritik dan saran yang

bersifat membangun. Akhir kata, Penulis berharap agar Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jakarta, 17 Agustus 2021



Andaranti Kwartania



## ABSTRAK

Elektroda Cu/CuSO<sub>4</sub> merupakan salah satu dari elektroda referensi, yang dapat dijadikan alternatif lain dari elektroda kalomel dan elektroda Ag/AgCl. Elektroda referensi Cu/CuSO<sub>4</sub> dalam penggunaanya masih dalam bentuk konvensional dan pengembangannya masih terbatas. Maka dari itu penelitian ini mencoba mengembangkan lagi elektroda Cu/CuSO<sub>4</sub> dengan jenis padatan dengan bahan yang lebih sederhana, dan berbiaya murah serta berbasiskan membran fotopolimer pHEMA. Dalam penelitian ini telah dilakukan preparasi 3 variasi elektroda Cu/CuSO<sub>4</sub> jenis padatan yang dikembangkan menggunakan *poly (Hydroxyethyl) Methacrylate* (pHEMA) sebagai membran dengan teknik fotopolimer. Ketiga elektroda dilakukan pengujian  $\Delta mV$  dengan larutan pH 4, pH 7 dan pH 10, dimana pada elektroda Cu/CuSO<sub>4</sub> III sebagai elektroda referensi Cu/CuSO<sub>4</sub> terbaik dengan nilai mV sebesar 11,4 mV. Elektroda referensi Cu/CuSO<sub>4</sub> III dilakukan pengujian selanjutnya yaitu pengujian voltametri siklik, pengujian Vs sensor pH, dan pengujian *drift*. Pada pengujian ini Elektroda referensi Cu/CuSO<sub>4</sub> III menghasilkan pola grafik *cyclic voltammogram* yang sama dengan elektroda referensi Ag/AgCl. Pada pengujian Vs sensor, nilai *slope* pada elektroda referensi Cu/CuSO<sub>4</sub> III sebesar 50,933 mV/dekade dan nilai *slope* pada elektroda referensi Ag/AgCl sebesar 45,55 mV/dekade. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian Vs sensor pH nilai *slope* pada elektroda referensi Cu/CuSO<sub>4</sub> sebesar 50,933 mV/dekade dan nilai *slope* pada elektroda referensi Ag/AgCl sebesar 45,55 mV/dekade. Hasil penelitian menunjukkan bahwa elektroda referensi Cu/CuSO<sub>4</sub> III memperlihatkan kestabilan yang cukup baik yaitu dengan nilai *drift* sebesar 0,5 mV/menit dari hasil pengujian *drift*.

**Kata kunci:** Elektroda referensi padatan, Fotopolimer, pHEMA, Cu/CuSO<sub>4</sub>, Ag/AgCl

UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**

## **DEVELOPMENT OF CU/CUSO<sub>4</sub> SOLID-STATE REFERENCE ELECTRODES BASED ON PHEMA PHOTOPOLYMER MEMBRANES**

### **ABSTRACT**

*The Cu/CuSO<sub>4</sub> reference electrode is one of the reference electrodes, which can be used as an alternative to the saturated calomel electrode and the Ag/AgCl electrode. The Cu/CuSO<sub>4</sub> reference electrode in its use is still in the form of conventional and development is still limited. Therefore this study tries to develop more the Cu/CuSO<sub>4</sub> electrodes with the type of solids with materials that are more simple, and low-cost as well as membrane-based fotopolimer pHEMA. In this study, 3 variations of Cu/CuSO<sub>4</sub> solid-state reference electrode were prepared using poly (Hydroxyethyl) Methacrylate (pHEMA) as a membranes with photopolymer technique. The three electrodes were tested for  $\Delta mV$  with a solution of pH 4, pH 7 and pH 10, whereas in Cu/CuSO<sub>4</sub> III electrode as the best Cu/CuSO<sub>4</sub> reference electrode with an mV value of 11,4 mV. The Cu/CuSO<sub>4</sub> reference electrode III are further tested, namely cyclic voltammetry testing, pH sensor Vs testing, and drift testing. In this test, the Cu/CuSO<sub>4</sub> reference electrode III produced the same cyclic voltammogram chart pattern as the Ag/AgCl reference electrode. In the Vs sensor test, the slope value of the Cu/CuSO<sub>4</sub> reference electrode III was 50,933 mV/decade and the slope value in the Ag/AgCl reference electrode was 45,55 mV/decade. The results showed that the Cu/CuSO<sub>4</sub> reference electrode III showed a fairly good stability with a drift value of 0.5 mV/minute from the drift test results.*

**Keywords:** Solid-state reference electrode, Photopolymer, pHEMA, Cu/CuSO<sub>4</sub>, Ag/AgCl



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>iv</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR ISTILAH</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	5
1.3. TUJUAN	5
1.4. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	5
1.5. SISTEMATIKA PENULISAN	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>7</b>
2.1. PENELITIAN TERDAHULU	7
2.2. ELEKTROKIMIA	16
2.3. SEL ELEKTROKIMIA	17
2.4. APLIKASI ELEKTROKIMIA	19
2.4.1. Penerapan Aplikasi Elektrokimia dalam Energi	19
2.4.2. <i>Electroplating</i>	24
2.4.3. Korosi	25
2.5. JENIS ELEKTRODA DALAM ELEKTROKIMIA	26

2.5.1.	Elektroda Kerja ( <i>Working Electrode</i> )	27
2.5.2.	Elektroda Referensi ( <i>Reference Electrode</i> )	27
2.5.3.	Elektroda Bantu ( <i>Counter Electrode</i> )	31
2.6.	POTENSIOMETRI	31
2.7.	VOLTAMETRI SIKLIK	32
2.8.	PERSAMAAN NERNST	34
2.9.	TEMBAGA (Cu)	34
2.10.	KRISTAL BIRU (CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O)	35
2.11.	RESIN EPOKSI	36
2.12.	<i>POLY (HYDROXYETHYL) METHACRYLATE (pHEMA)</i>	36
2.13.	FOTOPOLIMER	37
<b>BAB III METODOLOGI</b>		<b>38</b>
3.1.	DIAGRAM ALIR	38
3.1.1.	Diagram Alir Penelitian	38
3.1.2.	Diagram Alir Pengambilan Data	46
3.2.	ALAT DAN BAHAN	48
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		<b>50</b>
4.1.	PENGUJIAN ΔMV	50
4.2.	PENGUJIAN VOLTAMETRI SIKLIK	52
4.3.	PENGUJIAN VS SENSOR PH	53
4.3.1.	Karakterisasi Pengujian Oksidasi Reduksi	53
4.3.2.	Pelapisan Pirol	54
4.3.3.	Karakterisasi Visual	55
4.3.4.	Karakterisasi Voltametri Siklik	56
4.3.5.	Pengujian Potensiometri Sensor pH	57
4.4.	PENGUJIAN DRIFT	59
<b>BAB V PENUTUP</b>		<b>61</b>

5.1.	KESIMPULAN	61
5.2.	SARAN	62
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>63</b>
<b>LAMPIRAN A</b>		<b>69</b>
<b>LAMPIRAN B</b>		<b>72</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Skema Elektroda Referensi Cu/CuSO <sub>4</sub>	3
Gambar 1.2. Ilustrasi Membran yang Pecah	4
Gambar 2.1. Proses Sel Volta	18
Gambar 2.2. Proses Sel Elektrolisis	19
Gambar 2.3. Struktur Aki	20
Gambar 2.4. Struktur Baterai Kering	21
Gambar 2.5. Operasi <i>Fuel Cell</i>	22
Gambar 2.6. Panel Surya	23
Gambar 2.7. Struktur Lapisan Solar <i>Cell</i>	24
Gambar 2.8. Skema Proses <i>Electroplating</i>	24
Gambar 2.9. Penampang Pipa Baja yang Disambungkan dengan Fitting Tembaga	26
Gambar 2.10. <i>Saturated Calomel Electrode</i>	28
Gambar 2.11. Diagram Penerapan Sapuan Potensial	33
Gambar 2.12. Kristal CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	35
Gambar 2.13. Struktur Epoksi	36
Gambar 2.14. (a) Struktur Polimer (b) Struktur Monomer	36
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	38
Gambar 3.2. Elektroda Cu/CuSO <sub>4</sub>	42
Gambar 3.3. Elektroda Cu/CuSO <sub>4</sub> Setelah direndam Larutan CuSO <sub>4</sub>	43
Gambar 3.4. Pengujian <i>Drift</i>	45
Gambar 4.1. Nilai $\Delta mV$ 3 Variasi Elektroda Cu/CuSO <sub>4</sub>	51
Gambar 4.2. Grafik Pengujian Voltametri Siklik	52
Gambar 4.3. Grafik <i>Cyclic Voltammogram</i> terhadap Larutan KCl	54
Gambar 4.4. Grafik <i>Cyclic Voltammogram</i> terhadap Larutan Pirol 7 Siklik	55

Gambar 4.5. (a) Elektroda <i>Screen-Printed</i> , (b) Elektroda <i>Screen-Printed</i> Terlapisi Pirol	56
Gambar 4.6. Grafik <i>Cyclic Voltammogram</i> Oksidasi Reduksi	56
Gambar 4.7. Grafik Pengujian Vs Sensor pH	58
Gambar 4.8. Grafik Pengujian <i>Drift</i> Selama 1 jam Pengukuran	60



## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1. Penelitian-penelitian Terdahulu	7
Tabel 2.2. Penelitian Saat Ini	15
Tabel 4.1. Nilai $\Delta mV$ Elektroda Cu/CuSO <sub>4</sub> dengan Larutan pH 4, pH 7, dan pH 10	50
Tabel 4.2. Data Pengujian Vs Sensor pH	57



## **DAFTAR NOTASI**

- E : total potensial dari sistem yang diukur (mV)  
E<sup>0</sup> : bagian dari total potensial terhadap elektroda pembanding dalam larutan  
R : konstanta gas umum (8,314 J.K<sup>-1</sup>.mol<sup>-1</sup>)  
T : suhu (K)  
n : muatan ion  
F : bilangan Faraday (96,485 C.mol<sup>-1</sup>)  
[a<sub>A</sub>] : aktivitas ion (M)



## DAFTAR ISTILAH

Berbasiskan	Mempunyai basis; dibuat dengan
<i>Cyclic Voltammogram</i>	Grafik yang dihasilkan dari pengujian yang menggunakan metode voltametri siklik
DMPP	2,2-Dimethoxy-2-phenylacetophenone
<i>Electrochemical Workstation</i>	Alat ukur elektrokimia yang pengujinya menggunakan 2 hingga 3 elektroda dihubungkan dengan perangkat lunak biasanya digunakan untuk pengukuran potensiometri maupun pengukuran voltametri siklik dan sebagainya
Fotopolimer	Proses polimerisasi menggunakan <i>micro mini solarize uv exposure</i> dengan cara disinari sinar uv di bawah aliran gas nitrogen
HDDA	Heksadinol diakrilat
<i>Inert</i>	Stabil; tidak mudah reaktif
<i>In-Situ</i>	Dalam posisi; di tempat
Karakterisasi	Mencari sifat yang khas
KCl	Potassium klorida
Kontinu	Berkelanjutan
Konvensional	Umum; yang biasa dipakai
<i>Micro Mini Solarize Uv Exposure</i>	Alat untuk proses polimerisasi
Optimasi	Suatu proses untuk mencapai hasil yang ideal
Optimum	Kondisi yang terbaik
pH	<i>Power of Hydrogen;</i>
pHEMA	Derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan <i>Poly (Hydroxyethyl) Methacrylate;</i>

	Polimer hidrofilik transparan optik yang stabil dengan bentuk <i>hydrogel</i>
Preparasi	Rangkaian kegiatan mempersiapkan sesuatu yang akan dianalisis
<i>Slope</i>	Nilai kemiringan dari suatu garis (menggambarkan bilangan Nernstian)

