

**FABRIKASI ELEKTRODA REFERENSI PADATAN  $\text{Cu/CuSO}_4$   
BERBASIS KOMPPOSIT KAOLINE/PVC**



Nama : Ikhsan Setiawan  
NIM : 41321120064  
Program Studi : Teknik Mesin

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2025**

## LAPORAN TUGAS AKHIR

### FABRIKASI ELEKTRODA REFERENSI PADATAN $\text{Cu}/\text{CuSO}_4$ BERBASIS KOMPPOSIT KAOLINE/PVC



Disusun Oleh:

Nama : Ikhsan Setiawan  
NIM : 41321120064  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
AGUSTUS 2025

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Ikhsan Setiawan

Nim : 41321120064

Program Studi : Teknik Mesin

Judul laporan skripsi : FABRIKASI ELEKTRODA REFERENSI PADATAN  $\text{Cu/CuSO}_4$   
BERBASIS KOMPPOSIT KAOLINE/PVC

Telah berhasil dipertahankan pada sidang dihadapan Dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana strata 1 pada Program Studi Teknik mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

Disahkan oleh:

Pembimbing : Sagir Alva, S.Si, M.Sc, Ph.D

NIDN : 0313037707

Penguji 1 : Dra. I Gusti Ayu Arwati M.T., Ph.D.

NIDN : 0010046408

Penguji 2 : Dafit Feriyanto, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIDN : 0310029004

UNIVERSITAS

MERCU BUANA

Jakarta, 06 Agustus 2025

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatinasari, M.T

NIDN : 0307037202

Ketua Program Studi



Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T, M.T

NIDN : 005087502

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Ikhsan Setiawan

NIM : 41321120064

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Kerja Praktik: FABRIKASI ELEKTRODA REFERENSI PADATAN  
Cu/CuSO<sub>4</sub> BERBASIS KOMPPOSIT KAOLINE/PVC

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 tanpa paksaan.

Jakarta, 06 Agustus 2025

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA



Ikhsan Setiawan

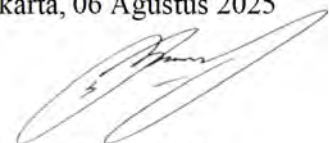
## PENGHARGAAN

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir tepat waktu yang berjudul “Fabrikasi Elektroda Referensi Padatan Cu/CuSO<sub>4</sub> Berbasiskan Komposit Kaoline/PVC”. Penyusunan laporan tugas akhir merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan seluruh rangkaian kegiatan tugas akhir dan sebagai salah satu syarat untuk menempuh jenjang sarjana strata satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Dalam Kesempatan ini penulis ingin memberikan ucapan terima kasih ini untuk orang-orang yang telah berjasa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng., selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Ibu Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Sagir Alva, S.Si., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberi ajaran dan pengarahan selama proses pembuatan Tugas Akhir ini.
5. Gilang Awan Yudhistira, ST., M.T, selaku koordinator Tugas Akhir Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
6. Dikki Frana Alvian, selaku Koordinator Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
7. Kedua Orang Tua serta keluarga yang memberi dukungan dalam doa, moral, maupun materil yang telah diberikan dari awal hingga akhir.
8. Teman-teman Teknik mesin Universitas Mercu Buana angkatan 2025 yang merelakan waktunya untuk membantu memberikan bantuan maupun saran dalam penyusunan laporan Tugas Akhir.

Masih banyak lagi pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak tersebut. Penulis sangat menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan ini. Oleh karena itu, penulis dengan sangat terbuka menerima segala kritik dan saran yang bersifat membangun. Akhir kata, penulis berharap laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jakarta, 06 Agustus 2025



Ikhsan Setiawan

## FABRIKASI ELEKTRODA REFERENSI PADATAN $\text{Cu/CuSO}_4$ BERBASIS KOMPOSIT KAOLIN/PVC

### ABSTRAK

Pengukuran elektrokimia memerlukan elektroda referensi dengan potensial stabil, namun elektroda konvensional seperti SCE dan  $\text{Ag/AgCl}$  memiliki keterbatasan seperti toksisitas, ketidakstabilan jangka panjang, risiko kebocoran, dan biaya pembuatan yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan elektroda referensi padatan berbasis komposit kaolin/PVC yang lebih kompak, praktis, dan stabil dibandingkan elektroda referensi konvensional. Secara khusus, tujuan penelitian ini meliputi: (1) mengembangkan elektroda referensi padatan  $\text{Cu/CuSO}_4$  dengan komposit kaolin/PVC yang memiliki ukuran lebih kecil dan konstruksi sederhana, (2) mengkaji pengaruh komposisi dan struktur komposit Kaolin (10%, 20%, dan 30%) / PVC (30%, 35%, 40%, dan 50%) terhadap kinerja elektroda, termasuk stabilitas potensial, ketahanan terhadap kebocoran, dan penguapan larutan elektrolit, serta (3) mengevaluasi kinerja elektroda dalam aplikasi elektroanalisis untuk memastikan stabilitas dan akurasi pengukuran potensial elektroda. Elektroda referensi merupakan komponen penting dalam sistem pengukuran elektrokimia seperti potensiometri, voltametri, dan elektrolisis, yang berfungsi sebagai sumber potensial referensi yang stabil. Meskipun elektroda referensi konvensional seperti elektroda kalomel jenuh (SCE) dan elektroda perak klorida ( $\text{Ag/AgCl}$ ) banyak digunakan, kedua jenis elektroda tersebut memiliki kekurangan seperti ukuran yang besar, ketergantungan pada larutan elektrolit jenuh yang rentan terhadap kebocoran, dan polarisasi yang dapat mempengaruhi akurasi pengukuran. Sebagai alternatif, elektroda referensi padatan berbasis  $\text{Cu/CuSO}_4$  menawarkan konstruksi yang lebih sederhana dan ukuran yang lebih kecil. Dalam penelitian ini, komposit kaolin dan PVC digunakan untuk meningkatkan stabilitas dan kinerja elektroda referensi  $\text{Cu/CuSO}_4$ . Metode fabrikasi yang digunakan meliputi persiapan bahan, pengolahan elektroda, serta karakterisasi elektroda menggunakan berbagai teknik elektrokimia. Hasil penelitian ini memperkuat bahwa batas deviasi potensial  $\leq 12$  mV dapat dijadikan indikator utama dalam menilai kinerja optimal elektroda referensi. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan elektroda referensi yang lebih efisien dan dapat diandalkan untuk aplikasi elektrokimia.

**Kata Kunci:** Elektroda Referensi,  $\text{Cu/CuSO}_4$ , Kaolin/PVC, Elektroda Padatan



## **FABRIKASI ELEKTRODA REFERENSI PADATAN Cu/CuSO<sub>4</sub> BERBASIS KOMPPOSIT KAOLINE/PVC**

### **ABSTRACT**

*Electrochemical measurements require a reference electrode with a stable potential; however, conventional electrodes such as SCE and Ag/AgCl have limitations, including toxicity, long-term instability, leakage risks, and high fabrication costs. This research aims to develop a solid-state reference electrode based on a kaolin/PVC composite that is more compact, practical, and stable compared to conventional reference electrodes. Specifically, the objectives of this study are: (1) to develop a Cu/CuSO<sub>4</sub> solid-state reference electrode with a kaolin/PVC composite featuring a smaller size and simpler construction, (2) to investigate the effect of kaolin (10%, 20%, and 30%) / PVC (30%, 35%, 40%, and 50%) compositions and structures on electrode performance, including potential stability, resistance to leakage, and electrolyte evaporation, and (3) to evaluate the electrode's performance in electroanalytical applications to ensure potential stability and measurement accuracy. Reference electrodes are essential components in electrochemical measurement systems such as potentiometry, voltammetry, and electrolysis, serving as stable sources of reference potential. Although conventional reference electrodes such as the saturated calomel electrode (SCE) and silver/silver chloride electrode (Ag/AgCl) are widely used, both have drawbacks, including large size, reliance on saturated electrolyte solutions prone to leakage, and polarization effects that may affect measurement accuracy. As an alternative, solid-state reference electrodes based on Cu/CuSO<sub>4</sub> offer simpler construction and smaller dimensions. In this study, kaolin and PVC composites are utilized to enhance the stability and performance of the Cu/CuSO<sub>4</sub> reference electrode. The fabrication method includes material preparation, electrode processing, and characterization using various electrochemical techniques. The findings of this study highlight that a potential deviation limit of  $\leq 12$  mV can serve as a key indicator for evaluating the optimal performance of the reference electrode. This research contributes to the development of more efficient and reliable reference electrodes for electrochemical applications.*

**Keywords:** Reference Electrode, Cu/CuSO<sub>4</sub>, Kaolin/PVC, Solid-State Electrode

## DAFTAR ISI

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| HALAMAN PENGESAHAN                     | i   |
| HALAMAN PERNYATAAN                     | ii  |
| PENGHARGAAN                            | iii |
| ABSTRAK                                | iv  |
| <i>ABSTRACT</i>                        | v   |
| DAFTAR ISI                             | vi  |
| DAFTAR GAMBAR                          | ix  |
| DAFTAR TABEL                           | x   |
| BAB I PENDAHULUAN                      | 1   |
| 1.1 Latar Belakang                     | 1   |
| 1.2 Rumusan Masalah                    | 3   |
| 1.3 Tujuan Penelitian                  | 3   |
| 1.4 Manfaat Penelitian                 | 4   |
| 1.5 Batasan Masalah                    | 4   |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA                  | 6   |
| 2.1 Elektrokimia                       | 6   |
| 2.2 Jenis Elektroda                    | 7   |
| 2.2.1 Elektroda Kerja                  | 8   |
| 2.2.2 Elektroda Bantu                  | 11  |
| 2.2.3 Elektroda Referensi              | 11  |
| 2.2.3.1 Elektroda Cu/CuSO <sub>4</sub> | 15  |
| 2.3 Fabrikasi Elektroda                | 17  |



|                    |                                          |    |
|--------------------|------------------------------------------|----|
| 2.4                | Pengukuran Cyclic Voltametry             | 18 |
| 2.5                | Pengukuran Potensiometri                 | 23 |
| 2.6                | Logam Cu                                 | 27 |
| 2.7                | Kristal Cu/CuSO <sub>4</sub>             | 30 |
| 2.8                | Polimer                                  | 32 |
| 2.9                | Kaolin                                   | 34 |
| 2.9.1              | Komposisi dan Struktur Kaolin            | 35 |
| 2.9.2              | Proses Pembentukan Kaolin                | 36 |
| 2.9.3              | Karakteristik Fisik Kaolin               | 36 |
| 2.9.4              | Aplikasi Kaolin                          | 37 |
| 2.10               | Teori Tentang Komposit                   | 38 |
| 2.11               | Penelitian Terdahulu                     | 38 |
| BAB III METODOLOGI |                                          | 41 |
| 3.1                | Prinsip Kerja Penelitian                 | 41 |
| 3.2                | Tempat Pelaksanaan Penelitian            | 42 |
| 3.3                | <i>Materials</i> (Alat dan Bahan)        | 42 |
| 3.3.1              | Alat                                     | 42 |
| 3.3.2              | Bahan                                    | 43 |
| 3.4                | Prosedur Kerja                           | 43 |
| 3.4.1              | Proses Penyolderan Tembaga Dan Kabel     | 43 |
| 3.4.2              | Pelapisan Resin Epoxy                    | 44 |
| 3.4.3              | Perataan Permukaan Tembaga               | 44 |
| 3.4.4              | Pembuatan Elektroda Cu/CuSO <sub>4</sub> | 44 |
| 3.4.5              | Pembuatan Larutan Uji                    | 45 |
| 3.4.6              | Karakterisasi Elektroda                  | 46 |

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN             | 48 |
| 4.1    Pendahuluan                      | 48 |
| 4.2    Pengujian $\Delta Cl$            | 49 |
| 4.3    Pengujian Cyclic Voltametri (CV) | 53 |
| 4.4    Pengujian Drift                  | 55 |
| BAB V KESIMPULAN                        | 57 |
| DAFTAR PUSTAKA                          | 58 |
| LAMPIRAN                                | 60 |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1 Bagan Redaksi                                                                                                                                | 7  |
| Gambar 2. 2 Platinum Electrode                                                                                                                           | 9  |
| Gambar 2. 3 Gold Electrode                                                                                                                               | 9  |
| Gambar 2. 4 Carbon Electrode                                                                                                                             | 10 |
| Gambar 2. 5 Mercury Electrode                                                                                                                            | 10 |
| Gambar 2. 6 Saturated Calomel Electrode                                                                                                                  | 12 |
| Gambar 2. 7 Elektroda Perak/perak Klorida                                                                                                                | 13 |
| Gambar 2. 8 Elektroda Cu/CuSO <sub>4</sub>                                                                                                               | 15 |
| Gambar 2. 9 Voltamogram Silklik                                                                                                                          | 15 |
| Gambar 2. 10 Pengukuran Potensiometri                                                                                                                    | 24 |
| Gambar 2. 11 Logam Cu                                                                                                                                    | 27 |
| Gambar 2. 12 Kristal CuSO <sub>4</sub>                                                                                                                   | 30 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian                                                                                                                      | 41 |
| Gambar 3. 2 Pelapisan Resin Epoxy                                                                                                                        | 44 |
| Gambar 3. 3 Hasil Pembuatan Larutan Uji                                                                                                                  | 46 |
| Gambar 3. 4 Potensiostat Tipe Corrtest Electrochemical Workstation                                                                                       | 46 |
| Gambar 4. 1 Grafik Voltamogram Siklik Elektroda Referensi Ag/AgCl Komersial Dan Erp Cu/Cuso <sub>4</sub> Dalam Larutan KCl 0.1M                          | 54 |
| Gambar 4. 2 Grafik Kestabilan Cu/Cuso <sub>4</sub> Erp Vs Elektroda Referensi Ag/AgCl Reference Electrode Dalam Larutan KCl 0.1M Selama 2 Jam Pengukuran | 55 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu                                                                                                                                       | 38 |
| Tabel 3. 1 Alat-Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian                                                                                                                  | 42 |
| Tabel 3. 2 Bahan Yang Digunakan Dalam Penelitian                                                                                                                      | 43 |
| Tabel 4. 1 Optimasi Komposisi Kaolin : $\text{CuSO}_4$ - Nilai $\Delta m_v$ Erp $\text{Cu/CuSO}_4$ I, II, Dan III (Tidak Rendam) Pada Berbagai Konsentrasi Larutan Cl | 50 |
| Tabel 4. 2 Optimasi Komposisi Kaolin : $\text{CuSO}_4$ - Nilai $\Delta m_v$ Erp $\text{Cu/CuSO}_4$ I, II, Dan III (Rendam) Pada Berbagai Konsentrasi Larutan Cl       | 50 |
| Tabel 4. 3 Optimasi Komposisi Pvc : Dop - Nilai $\Delta m_v$ Erp $\text{Cu/CuSO}_4$ I, II, Dan III (Tidak Rendam) Pada Berbagai Konsentrasi Larutan Cl                | 51 |
| Tabel 4. 4 Optimasi Komposisi Pvc : Dop - Nilai $\Delta m_v$ Erp $\text{Cu/CuSO}_4$ I, II, Dan III (Rendam) Pada Berbagai Konsentrasi Larutan Cl                      | 51 |
| Tabel 4.5 Perbandingan Penelitian Terdahulu                                                                                                                           | 52 |

