



PENGEMBANGAN SENSOR KLORIDA TERINTEGRASI DENGAN  
ELEKTRODA REFERENSI POLIPYROL PADA ELEKTRODA SCREEN  
PRINTED

**TESIS**

Disusun oleh :

Nama : Mas'ud Asadullah

NIM : 55819010004

Program Studi : Magister Teknik Mesin

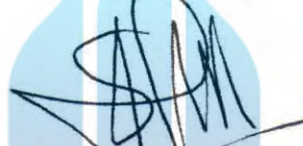
UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
AGUSTUS 2021**

## HALAMAN PENGESAHAN TESIS

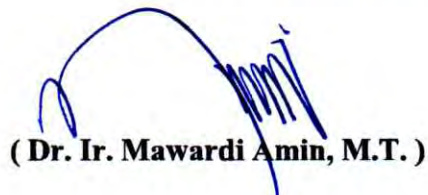
Judul : Pengembangan Sensor Klorida Terintegrasi Dengan Elektroda Referensi Polipyrrol Pada Elektroda Screen Printed  
Nama : Mas'ud Asadullah  
NIM : 55819010004  
Program Studi : Magister Teknik Mesin

Mengesahkan,  
Pembimbing



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

Dekan  
Fakultas Teknik



( Dr. Ir. Mawardi Amin, M.T. )

Ketua Program Studi  
Magister Teknik Mesin



( Dafit Feriyanto M.Eng, Ph.D )

## HALAMAN PERNYATAAN ORIGINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Mas'ud Asadullah

NIM : 55819010004

Jurusan : Magister Teknik Mesin

Fakultas : Pascasarjana

Judul Skripsi : Pengembangan Sensor Potensiometri Terintegrasi Dengan Elektroda Referensi Polipiryol Pada Elektroda Screen Printed

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Thesis dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Thesis yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Laporan Thesis 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.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 16 Agustus 2021

Penulis,



(Mas'ud Asadullah)

## PERNYATAAN *SIMILARITY CHECK*

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh

Nama : Mas'ud Asadullah  
NIM : 55819010004  
Program Studi : Magister Teknik Mesin

dengan judul

*“CHLORIDE SENSOR FABRICATION BASED ON Ag/AgCl SCREEN-PRINTED ELECTRODE THROUGH CYCLIC VOLTAMMETRIC TECHNIQUE: SCAN RATE EFFECT”*

dan

*“PENGEMBANGAN ELEKTRODA REFERENSI BERBASIS POLIPYROL DENGAN ELEKTRODA SCREEN PRINTED”*,

telah dilakukan pengecekan *similarity* dengan sistem Turnitin pada tanggal 21 September 2021, didapatkan nilai persentase sebesar 7 % dan 8 %.

Jakarta, 21 September 2021

Administrator Turnitin



**Arie Pangudi, A.Md**

## HALAMAN DEDIKASI

Penulis mengucapkan banyak terimakasih dan penghargaan kepada seluruh keluarga penulis, terutama istri penulis dan anak tercinta. Terima kasih telah memberikan support kepada penulis dalam menyelesaikan studi magister teknik mesin ini, khususnya dimasa-masa penulis thesis akhir ini.



## HALAMAN PENGHARGAAN

Penulis sebagai mahasiswa Program Studi Magister Teknik Mesin (MTM), Universitas Mercu Buana (UMB), Jakarta ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang berperan dalam menyelesaikan penyusunan thesis ini. Terima kasih kepada bapak Rektor UMB, Dekan Pascasarjana, Kaprodi Magister Teknik Mesin, Sekprodi Magister Teknik Mesin, dan khususnya Pembimbing penulis yaitu Bapak Sagir Alva, S.Si,M.Sc,Ph.D. Serta peneliti ucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang tidak bias disebutkan satu persatu.



## ABSTRAK

Salah satu proses fabrikasi Ag/AgCl dan elektroda referensi adalah dengan menggunakan teknik Cyclic voltammetric (CV). Dalam proses elektrokimia dengan menggunakan teknik CV, scan rate dan siklus dapat mempengaruhi mikrostruktur dari permukaan suatu substrat atau elektroda. Berdasarkan kondisi, dalam kajian ini akan dilakukan studi efek scan rate proses fabrikasi sensor Cl-ions menggunakan teknik CV terhadap performa sensor Cl-ion. Selain itu akan dilakukan uji terkait pengembangan elektroda referensi dengan variasi siklus. Proses cyclic voltammetry (CV) dilakukan dengan 1 siklus untuk menumbuhkan lapisan AgCl pada permukaan Ag. Dalam proses ini dilakukan dengan variasi scan rate 20, 40, 60, 80 dan 100 mV/s. Sedangkan untuk elektroda referensi Ppy-Cl.KCl dibuat variasi siklus 10, 15, 20 dengan scan rate 100 mV/s. Setelah hasil fabrikasi Ag/AgCl selesai, dilakukan proses karakterisasi, pengujian koefisien selektivitas, pengujian life time, dan pengujian validasi untuk membandingkan hasil pengujian sensor ion Cl SPE Ag/AgCl dengan elektroda Ag/AgCl komersial. Sedangkan untuk elektroda referensi Ppy-Cl.KCl dilakukan uji nilai respon  $\Delta mV$  dan uji Scanning Electron Microscopy (SEM), kemudian dipilih yang terbaik dan di uji karakterisasi menggunakan pengujian cyclic voltammetry (CV), pengujian respon vs sensor Cl serta pengujian drift. Dari penelitian ini didapatkan response sensor ion Cl yang optimum diperoleh pada preparasi dengan menggunakan scan rate 60 mV/s. Dan berdasarkan pengujian validasi, ion Cl dalam kedua-dua sampel tidak berbeda jauh. Ini mengindikasikan bahwa sensor ion SPE Ag/AgCl mempunyai performa yang sama baiknya dengan dengan elektroda Ag/AgCl komersial. Sedangkan untuk hasil pengujian elektroda referensi Ppy-Cl/KCl didapatkan Ppy-Cl/KCl dengan 15 siklus memberikan pola grafik voltamogram yang mirip dengan elektroda referensi Ag/AgCl sebagai elektroda referensi komersial. Sementara itu, pada pengujian respon vs sensor Cl, SRE Ppy-Cl/KCl 2 dengan 15 siklus memberikan nilai bilangan Nernstian sebesar -54,5 mV/s dengan rentang pengujian 0,1-10<sup>43</sup> M. dan pada uji drift SRE Ppy-Cl/KCl 2 dengan 15 siklus memperlihatkan kestabilan yang cukup baik yaitu dengan nilai drift sebesar 1 mV/menit yang dicapai setelah proses pengkondisian setelah 3,5 menit.

**Kata kunci:** Ag/AgCl. Elektroda Referensi, Elektroda SPE, Ag/AgCl, SRE Ppy-Cl/KCl

## ABSTRACT

One of the processes for Ag/AgCl fabrication and reference electrodes is the Cyclic Voltammetric (CV) technique. In the electrochemical process of the CV technique, the scan rate and siklus might affect the surface microstructure of substrates or electrodes. Based on this condition, this research investigated the effect of scan rate on the Cl-ion sensor fabrication process using the CV technique on the performance of the Cl-ion sensor. In addition, there were several tests related to the development of reference electrodes with siklus variations. The CV process was performed with 1 siklus to grow the AgCl layer on the Ag surface. In this process, the scan rate variations consisted of 20, 40, 60, 80, and 100 mV/s. As for the Ppy-Cl.KCl reference electrodes, the siklus variations were 10, 15, and 20 with a scan rate of 100 mV/s. After the Ag/AgCl fabrication processes were completed, characterization process, selectivity coefficient test, life time test, and validation test were carried out to compare the test results between the Cl-ion SPE Ag/AgCl sensors with commercial Ag/AgCl electrodes. As for the Ppy-Cl.KCl reference electrodes, the mV response value test and Scanning Electron Microscopy (SEM) test were carried out, then the best one was selected and tested for characterization using CV test, Cl response vs sensor test, and drift test. This research revealed that the optimum response of the Cl-ion sensor was obtained in the preparation using a scan rate of 60 mV/s. And based on the results of validation test, the Cl-ions in the two samples did not differ much. This result indicated that the SPE Ag/AgCl ion sensor performed as well as the commercial Ag/AgCl electrodes. As for the test result for the Ppy-Cl/KCl reference electrodes, Ppy-Cl/KCl was obtained with 15 sikluss giving a voltammogram graphic pattern similar to the Ag/AgCl reference electrodes as commercial reference electrodes. Meanwhile, in the Cl response vs sensor test, the SRE Ppy-Cl/KCl 2 with 15 sikluss gave a Nernstian number value of -54.5 mV/s with a testing range of 0.1-1043 M. In the SRE Ppy-Cl SRE 2 drift test with 15 sikluss showed a fairly good stability with a drift value of 1 mV/minute which was achieved after the conditioning process after 3.5 minutes.

Keywords: Ag/AgCl. Reference Electrode, SPE Electrode, Ag/AgCl, SRE Ppy-Cl/KCl



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN TESIS .....</b>	<b>II</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORIGINALITAS.....</b>	<b>III</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN SIMILARITY CHECK .....</b>	<b>IV</b>
<b>HALAMAN DEDIKASI.....</b>	<b>V</b>
<b>HALAMAN PENGHARGAAN .....</b>	<b>VI</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>XIII</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>XV</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Novelty .....	5
1.5 Batasan Penelitian .....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
1.7 Manfaat Penelitian.....	6
<b>BAB II .....</b>	<b>7</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Elektrokimia .....	7
2.2 Aplikasi Elektrokimia.....	7
2.3 Jenis Elektroda dalam Elektrokimia.....	8
2.3.1 Elektroda Kerja .....	9
2.3.1.1 Jenis Elektroda Kerja Berdasarkan Material .....	9
2.3.1.1.1 Membran .....	9
2.3.1.1.2 Cristal .....	9
2.3.1.1.3 Gelas.....	10

2.3.1.1.4	Logam Oksidasi.....	10
2.3.1.2	Jenis Elektroda Kerja Berdasarkan Bentuknya .....	10
2.3.2	Elektroda Referensi.....	11
2.3.2.1	Jenis Elektroda Referensi Berdasarkan Bahannya .....	11
2.3.2.1.1	Elektroda Ag/AgCl.....	11
2.3.2.1.2	Elektroda Kalomel.....	13
2.3.2.1.3	Elektroda Cu/CuSO <sub>4</sub> .....	14
2.3.2.1.4	Elektroda Standart Hidrogen Elektrode (SHE) ....	15
2.3.2.1.5	Elektroda Non-logam .....	16
2.3.2.2	Jenis Elektroda Referensi Berdasarkan Fasa Elektrolit.....	17
2.3.2.2.1	Elektroda Cair.....	17
2.3.2.2.2	Elektroda Padatan.....	18
2.3.3	Elektroda Bantu.....	19
2.4	Pengukuran Cyclic Voltammetry .....	19
2.5	Pengukuran Potensiometri.....	20
2.5.1	Persamaan Nernst.....	20
2.5.2	Selectivity.....	21
2.5.2.1	Metode Saturated Solution Metode (SSM) .....	24
2.5.2.2	Metode Mix Solution Metode (MSM) .....	24
2.5.3	Drift.....	25
2.6	Sensor Cl .....	26
2.7	Kristal KCl .....	26
2.8	Polimer .....	26
2.8.1	Polimer Alam .....	27
2.8.2	Polimer Sintetik.....	28
2.9	Conducting Polimer.....	28
2.9.1	PolyPolipyrole.....	29
2.9.2	Polyaniline .....	30
2.9.3	Polythiophene.....	31
2.10	Preparasi PolyPolipyrole .....	31
2.11	Arabic Gum .....	32
2.12	Serat Selulose .....	33

2.13	Gelatin .....	34
<b>BAB III</b>	<b>.....</b>	<b>37</b>
<b>METODE PENELITIAN</b>	<b>.....</b>	<b>37</b>
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	37
3.2	Langkah-langkah Penelitian .....	38
3.2.1	Studi Literatur .....	38
3.2.2	Perumusan Masalah .....	38
3.2.3	Pembuatan Elektroda Kerja Ag/AgCl.....	38
3.2.3.1	Instrumentasi .....	38
3.2.3.2	Material .....	39
3.2.3.3	Eksperimen.....	39
3.2.4	Pembuatan Elektroda Referensi Polipyrrol .....	40
3.2.4.1	Instrumentasi .....	40
3.2.4.2	Material .....	40
3.2.4.3	Eksperimen.....	41
3.2.5	Kesimpulan dan Saran.....	43
<b>BAB IV</b>	<b>.....</b>	<b>44</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>.....</b>	<b>44</b>
4.1	Persiapan Fabrikasi Elektroda Kerja Ag/AgCl. ....	44
4.2	Respon elektroda Ag/AgCl.....	46
4.3	Selectivity Test ( $\text{Log } K_{a,b}^{\text{Pot}}$ ) .....	50
4.4	Life time.....	52
4.5	Validation Test .....	54
4.6	Desain Elektroda Referensi .....	55
4.7	Pengujian $\Delta mV$ KCl.....	58
4.8	Pengujian Cyclic Voltametri (CV).....	62
4.9	Pengujian vs Sensor Cl.....	63
4.10	Pengujian Drift .....	65
<b>BAB V</b>	<b>.....</b>	<b>67</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>.....</b>	<b>67</b>
5.1	Kesimpulan.....	67
5.2	Saran.....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>.....</b>	<b>68</b>

<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>72</b>
<b>VITA.....</b>	<b>72</b>



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Sensor Potensiometrik umum (komersil) dan Sensor Potensiometrik SPE	2
Gambar 2.1 A. Elektroda kerja bentuk batang B. Kawat, C. Disk	10
Gambar 2.2 Elektroda Referensi Ag/AgCl (Suryanto, 2007)	13
Gambar 2.3 Elektroda Referensi Calomel (SCE) (Suryanto, 2007)	14
Gambar 2.4 Elektroda referensi gas hidrogen (Suryanto, 2007)	16
Gambar 2.5 Elektroda non logam	17
Gambar 2.6 Salah satu jenis elektroda nitrat dengan tipe membran cair	18
Gambar 2.7 Berbagai model elektroda selektif ion membran padat (i) sistem larutan dalam (ii) sistem susunan padat (iii) sistem logam berlapis	18
Gambar 2.8 Contoh kurva voltamogram siklik	20
Gambar 2.9 hasil uji drift.	25
Gambar 2.10 <i>The polymerisation of ethene in to poly(ethene).</i>	29
Gambar 2.11 Struktur PolyPolipyrrole	30
Gambar 2.12 Struktur Polyaniline	31
Gambar 2.13 Struktur Polythiophene	31
Gambar 2.14 Struktur kimia dari Selulosa (Nuringtyas, 2010).	34
Gambar 3.1 Diagram alur Penelitian	37
Gambar 3.2 elektroda Ag/C jenis screen-printed electrode (SPE) dari Srint Print Berhad-Malaysia.	38
Gambar 3.3 Pembentukan lapisan Ag/AgCl pada permukaan Ag setelah proses CV selama 1 siklus dalam larutan KCl 0.1 M.	39
Gambar 3.4 A. Lapisan SRE Ppy-Cl/KCl 1, B. hasil SRE Ppy-Cl/KCl 1	41
Gambar 3.5 A. Lapisan SRE Ppy-Cl/KCl 2, B. hasil SRE Ppy-Cl/KCl 2.	42
Gambar 3.6 Reaksi setelah dilakukan rendaman dalam 1 jam.	42
Gambar 4.1 Grafik cyclic voltammogram proses pembentukan Ag/AgCl dalam larutan 0.1 M KCl dengan variasi scan rate.	45
Gambar 4.2 Grafik Ipa dan Ipc proses pelapisan AgCl pada permukaan Ag dari SPE dalam larutan 0.1M KCl dengan variasi scan rate dan satu siklus.	46
Gambar 4.3 Response SPE Ag/AgCl terhadap variasi konsentrasi ion klorida.	47

Gambar 4.4 Grafik bilangan Nersntian Sensor ion klorida SPE Ag/AgCl dengan beberapa kali pengukuran menggunakan larutan ion klorida $0.1 - 10^{-8}$ M.	52
Gambar 4.5 Gambar Ilustrasi (a) interaksi ion klorida di permukaan sensor pada pemakaian awal , (b) interaksi ion klorida dipermukaan sensor setelah pemakaian beberapa kali.	53
Gambar 4.6 hasil uji CV sebelum dilapisi Ppy	56
Gambar 4.7 sesudah dilapisi PPy-Cl	57
Gambar 4.8 Nilai $\Delta mV$ KCl SRE Ppy-Cl/KCl 10, 15, dan 20 Siklus dalam variasi konsentarsi KCl $0,1 - 10^{-4}$ M.	59
Gambar 4.9 Bentuk Potongan elektroda	60
Gambar 4.10 Hasil SEM elektroda referensi Ppy/Cl	61
Gambar 4.11 Grafik cyclic voltammogram elektroda referensi Ag/AgCl komersial dan SRE Ppy-Cl/KCl 2 dalam larutan 0.1M KCl.	63
Gambar 4.12 Grafik respon sensor Cl vs SRE Ppy-Cl/KCl 2 dan ER Ag/AgCl comm dalam larutan $0,1 - 10^{-4}$ M KCl.	65
Gambar 4.13 Grafik kestabilan SRE Ppy-Cl/KCl 2 vs elektroda referensi Ag/AgCl dalam larutan 0,1M KCl selama 1 jam pengukuran.	66

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Asam Amino dalam Gelatin (Chaplin,2005)	35
Tabel 2.2 Standar Mutu Gelatin (SNI, 1995)	36
Tabel 4.1 Nilai puncak Ipa, Ipc serta Ipa/Ipc terhadap variasi scan rate proses pembentukan AgCl pada permukaan Ag dari SPE.	45
Tabel 4.2 Performa sensor ion klorida SPE Ag/AgCl terhadap variasi konsentrasi ion klorida	47
Tabel 4.3 Nilai Log $K^{Pot}_{a,b}$ dari sensor ion klorida terhadap kehadiran beberapa jenis ion interferensi (n=3)	51
Tabel 4.4 Perbandingan konsentrasi ion Cl hasil pengukuran antara SPE Ag/AgCl dan elektroda Ag/AgCl komersial pada sampel urin dan air keran (n=3)	55
Tabel 4.5 Nilai $\Delta mV$ SRE Ppy-Cl/KCl 2 10, 15, dan 20 Siklus dalam variasi konsentrasi larutan KCl	58
Tabel 4.6 Perbandingan slope Ppy/Cl pada permukaan elektroda dengan variasi jumlah siklik yang diuji dalam larutan pH.	60
Tabel 4.7 Pengukuran Ketebalan Ppy/Cl	62
Tabel 4.8 Performa sensor Cl vs SRE Ppy-Cl/KCl 2 dan Ag/AgCl comm dalam larutan $0,1 - 10^{-4}$ M KCl.	64