

**PENGEMBANGAN SENSOR pH ( $H^+$ - SELECTIVE ELECTRODE)  
BERBASISKAN POLYPYRROLE DAN ELEKTRODA  
KAIN/KARBON**



**DIMAS PANGESTU**  
NIM: 41318010018

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2023**

LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGEMBANGAN SENSOR pH ( $H^+$ - SELECTIVE ELECTRODE)  
BERBASISKAN POLYPYRROLE DAN ELEKTRODA  
KAIN/KARBON



Disusun oleh:

Nama : Dimas Pangestu  
NIM : 41318010018  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
FEBRUARI 2023

## HALAMAN PENGESAHAN

PENGEMBANGAN SENSOR pH ( $H^+$  SELECTIVE ELECTRODA)  
BERBASISKAN POLYPYRROLE DAN ELEKTRODA  
KAIN/KARBON

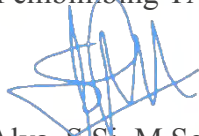
Disusun oleh:

Nama : Dimas Pangestu  
NIM : 41318010018  
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan setuju pada tanggal 7 Februari 2023

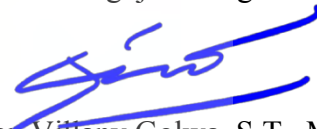
Telah dipertahankan di depan penguji,

Pembimbing TA



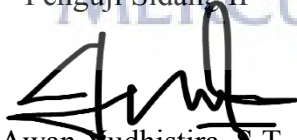
(Sagir Alva, S.Si, M.Sc, Ph.D.)  
NIK/NIP. 0313037707

Penguji Sidang I



(Gian Villany Golwa, S.T., M.Si)  
NIK/NIP. 1975801149

Penguji Sidang II



(Gilang Awan Yudhistira, S.T., M.T.)  
NIK/NIP: 221900211

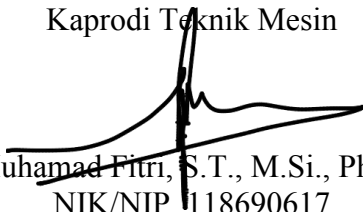
Penguji Sidang III



(Dra. I Gusti Ayu Arwati, M.T., Ph.D.)  
NIK/NIP: 114640433

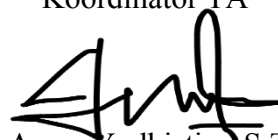
Mengetahui,

Kaprodi Teknik Mesin



(Muhamad Fitri, S.T., M.Si., Ph.D.)  
NIK/NIP. 118690617

Koordinator TA



(Gilang Awan Yudhistira, S.T., M.T.)  
NIK/NIP. 221900211

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Dimas Pangestu  
NIM : 41318010018  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Kerja Praktik : Pengembangan Sensor pH ( $H^+$  - Selective Electrode)  
Berbasiskan Polypyrrole dan Elektroda Kain/Karbon

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.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 7 Februari 2023



Dimas Pangestu

## PENGHARGAAN

Alhamdulillahirobbil'alamin. Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan ilmu serta melimpahkan nikmat, rahmat, dan hidayahnya-Nya sehingga karya tulis ini dapat terselesaikan dengan baik. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad S.A.W., keluarga, para sahabat dan penegak risalah-Nya, semoga kita tetap menjadi umatnya hingga hari akhir nanti.

Ucapan terima kasih ini dipersembahkan 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 Mercubuana
2. Bapak Dr. Mawardi, M.TI. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercubuana
3. Muhamad Fitri, ST., M.Si., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Jakarta.
4. Bapak Gilang Awan Yudhistira, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi dan Koordinator Tugas Akhir yang telah membantu memberikan pengarahan dan materi.
5. Bapak Gian Villany Golwa, ST., M.Si, selaku Koordinator Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Jakarta.
6. Bapak Sagir Alva, S.Si, M.Sc, Ph.D. selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah memberi pengarahan dan nasihat selama proses pembuatan dari awal hingga selesai.
7. Kedua orang tua yang tak henti-hentinya memberikan doa, dukungan semangat serta kasih sayang kepada kami. Terima kasih atas segalanya yang telah kalian berikan dari awal hingga saat ini.
8. Teman-teman jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana angkatan 2018 yang selama ini memberikan bantuan dan dukungan.

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, 7 Februari 2023



Dimas Pangestu



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	4
1.3. TUJUAN	4
1.4. MANFAAT	4
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. PENELITIAN TERDAHULU	6
2.2. SENSOR	7
2.2.1. Sensor Thermal	8
2.2.2. Sensor Mekanik	8
2.2.3. Sensor Kimiawi	9
2.2.4. Sensor Optik	10
2.3. ELEKTROKIMIA	10
2.3.1. <i>Potensiometry</i>	10
2.3.2. <i>Cyclic Voltammetry</i>	11
2.4. ELEKTRODA SELEKTIF ION (ESI)	16
2.4.1. Elektroda Membran Kaca	16

2.4.2.	Elektroda Membran Cair	17
2.4.3.	<i>Solid State Electrode</i> (Elektroda Padatan)	18
2.5.	PERSAMAAN NERNST	18
2.6.	TETAPAN SELEKTIVITAS	19
2.6.1.	Metode Larutan Terpisah	20
2.7.	DAERAH PENGUKURAN LINEAR (LINEAR RANGE)	20
2.7.1	Limit Deteksi (LD)	21
2.7.2.	Pentuan Batas Deteksi (DL)	21
2.8.	METODE UNTUK MENENTUKAN SELEKTIVITAS	22
2.8.1.	<i>Sparate Solution Method</i> (SSM)	22
2.9.	POTENSIOSTAT	23
2.9.1.	Elektrometer	23
2.9.2.	Konverter I/E	24
2.9.3.	Penguat Kontrol	24
2.9.4.	Sinyal	24
2.10.	POTASSIUM KLORIDA (KCl)	25
2.11.	POLYPYRROLE (PPy)	25
2.12.	MEMBRAN	27
2.12.1.	<i>Membrane Sites</i>	27
2.13.	PARAFFIN WAX	28
2.14.	PASTA KARBON TYPE TUI5ST	29
2.15.	KAIN KATUN RAYON	30
2.16.	POWER OF HYDROGEN (pH)	31
2.17.	ELEKTRODEPOSITION	33
2.18.	SABLON ( <i>Screen Printing</i> )	34
BAB III METODOLOGI		36
3.1.	DIAGRAM ALIR	36
3.2.	ALAT DAN BAHAN	37
3.3.	SKEMA PENELITIAN	43
3.3.1.	Persiapan Pembuatan Elektroda Kerja	43
3.3.2.	Proses Penyablonan	43
3.3.3.	Pelapisan <i>Paraffin Wax</i>	44
3.3.4.	Pembuatan Larutan Uji	44



<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>47</b>
4.1.	PENDAHULUAN	47
4.2.	PEMBUATAN ELEKTRODA KAIN/KARBON	47
4.2.1.	Efek <i>Treatment</i> Sebelum dan Sesudah Dibersihkan Lapisan <i>Paraffin Wax</i>	48
4.2.2.	Pelapisan <i>Polypyrrole</i> /Potasium Klorida (PPy/KCl)	51
4.2.3.	Proses Pelapisan <i>Polypyrrole</i> /KCl pada Permukaan Karbon yang Sudah Tersablon	57
4.2.4.	Karakterisasi <i>Polypyrrole</i> pada Permukaan Elektroda Kain/karbon	59
4.2.5.	Pengujian <i>Impedance</i> Elektroda kain//karbon	63
4.3.	UJI PERFORMA SENSOR pH	65
4.3.1.	Uji Sensor pada Larutan pH	65
4.3.2.	Uji <i>Selektivitas</i>	68
4.3.3.	Uji Stabilitas	68
4.3.4.	Uji Validasi	70
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP</b>	<b>73</b>
5.1	KESIMPULAN	73
5.2.	SARAN	74
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>75</b>
<b>LAMPIRAN</b>		<b>78</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Flow Injection Analysis (FIA)	1
Gambar 2.1. Blok Fungsional Sensor/Tranduser	8
Gambar 2.2. Contoh Sensor Thermal (thermometer)	8
Gambar 2.3. Contoh Sensor Mekanik (Pressure Gauge)	9
Gambar 2.4. Contoh Sensor Kimiawi (pH Meter)	9
Gambar 2. 5. Contoh Sensor Optic (Sensor cahaya)	10
Gambar 2.6. Skema 2 Cells pada Metode Potensiometri	11
Gambar 2.7. Skema 2 Cells pada Metode Cyclic Voltammetry	12
Gambar 2.8. Voltammogram	12
Gambar 2.9. Sinyal Eksitasi Cyclic Voltammetry	13
Gambar 2.10. Contoh Elektroda Kerja yang Terjual Komersil	14
Gambar 2.11. Contoh Elektroda Reference yang Terjual Komersil	15
Gambar 2.12. Contoh Elektroda Counter Grafit Pensil	15
Gambar 2.13. Contoh Elektroda Membran Kaca	17
Gambar 2.14. Contoh Elektroda Membran Cair	18
Gambar 2.15. Contoh Elektroda Padatan	18
Gambar 2.16. Limit Deteksi	21
Gambar 2.17. Penentuan Batas Deteksi Elektroda Selektive	22
Gambar 2.18 Skema Potensiostat	23
Gambar 2.19. Struktur Polypyrrole	26
Gambar 2.20. Skema Polimerisasi Elektrokimia Polypyrrole	27
Gambar 2.21. Paraffin Wax Sebagai Lapisan Elektroda	29
Gambar 2.22. Pasta Karbo Tipe TU15ST	30
Gambar 2..23. Kain Katun Rayon Sebagai Media Elektroda	31
Gambar 2.24. Sensor pH	32
Gambar 2.25. Sistem electrodeposition	34
Gambar 2.26. Teknik Sablon (Screen Printing)	35
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian Sensor pH	36
Gambar 3.2. Proses Penyablonan pada Permukaan Kain	43
Gambar 3.3. Proses Pelapisan Paraffin Wax pada Permukaan Sisi Elektroda	44
Gambar 3. 4 Pelapisan Membran Polypyrrole pada Elektroda Kain/Karbon	45

Gambar 4.1. Proses Pembuatan Elektroda Kain/Karbon	48
Gambar 4.2. Efek Treatment (A) Sebelum dan (B) Sesudah Dibersihkan	49
Gambar 4.3. Tanpa Treatment Pembersihan	50
Gambar 4.4. Dengan Treatment Pembersihan	50
Gambar 4.5. Grafik Cyclic Voltametry Ideal	51
Gambar 4.6. Hasil Uji Cyclic Voltametry pada Waktu 30s dengan Variasi Current (A) 1,5 Volt (B) 3 Volt (C) 4,5 Volt (D) 6 Volt (E) 7,5 Volt (F) 9 Volt	52
Gambar 4.7. Hasil Uji Respon Sensor pH pada Waktu 30s Dengan Variasi Current (A) 1.5 Volt, (B) 3 Volt, (C) 4.5 Volt, (D) 6 Volt, (E) 7.5 Volt, (F) 9 Volt.	54
Gambar 4.8. Pelapisan Membran Polypyrrole pada Current 4,5 Volt dengan Variasi Waktu (A) 30s, (B) 45, (C) 60s, (D) 120s.	55
Gambar 4.9. Hasil Uji Respon Sensor pH pada Current 4.5 Volt dengan Variasi Waktu (A) 30s, (B) 45s, (C) 60s, (D) 120s.	56
Gambar 4.10. Proses Pelapisan Menggunakan Metode Electrodeposition dengan Current 4.5 Volt dengan Waktu Pelapisan 30s	57
Gambar 4.11. Hasil Uji Cyclic Voltametry dengan Current 4.5 Volt dengan Waktu 30s, (A) Sebelum dan (B) Sesudah.	58
Gambar 4.12. Grafik Cyclic Voltametry Elektroda Karbon yang Sudah Terlapisi Polypyrrole	58
Gambar 4.13. Hasil Uji Visualisasi Menggunakan Digital Microscope (A) Sebelum Dilapisi Polypyrrole (B) Sesudah Dilapisi Polypyrrole	60
Gambar 4.14. Layer 1 dengan Ketebalan 2 mm. (A) Sisi Belakang Elektroda (B) Sisi Tengah Belakang Elektroda (C) Sisi Tengah Bagian Depan Elektroda (D) Lapisan Lilin Dekat Permukaan Karbon pada Sisi Depan Elektroda	61
Gambar 4.15. Layer 2 dengan Ketebalan 5 mm (A) Sisi Belakang Elektroda (B) Sisi Tengah Belakang Elektroda (C) Sisi Tengah Bagian Depan Elektroda (D) Lapisan Lilin Dekat Permukaan Karbon pada Sisi Depan Elektroda	62
Gambar 4.16. Layer 3 dengan Ketebalan 8 mm (A) Sisi Belakang Elektroda (B) Sisi Tengah Belakang Elektroda (C) Sisi Tengah Bagian Depan Elektroda (D) Lapisan Lilin Dekat Permukaan Karbon pada Sisi Depan Elektroda	63
Gambar 4.17. Hasil Uji <i>Impedance</i> Sebelum Pelapisan <i>Polypyrrole</i> /Potassium Klorida (PPy/KCl)	64

Gambar 4.18. Hasil Uji Impedance Sesudah Pelapisan Polypyrrole/Potassium Klorida (PPy/KCl)	64
Gambar 4.19. Hasil Uji Sensor pH Sebelum Pengkondisian (A) 30 Detik, (B) 45 Detik, (C) 60 Detik, (D) 120 Detik.	66
Gambar 4.20. Hasil Uji Sensor pH Sesudah Pengkondisian (A) 30 Detik, (B) 45 Detik, (C) 60 Detik, (D) 120 Detik.	67
Gambar 4.21. Grafik Uji Stabilitas Selama 2 Jam Menggunakan Buffer pH 4	69
Gambar 4.22. Lokasi Air Danau Sunter	71
Gambar 4.23. Lokasi Air Sungai Ciliwung	71
Gambar 4.24. Lokasi Air Kolam Ikan	72



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	6
Tabel 4.1. Puncak Oksidasi dan Reduksi Cyclic Voltammetry dengan Variasi Current	53
Tabel 4.2. Puncak Oksidasi dan Reduksi Cyclic Voltammetry dengan Variasi Waktu	55
Tabel 4.3. Variasi Lapisan Paraffin Wax	60
Tabel 4.4. Hasil Uji Selektivitas	68
Tabel 4.5. Hasil Uji Stabilitas Sensor pH	69
Tabel 4.6. Hasil Uji Validasi Sensor pH	70



## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
$\text{Log } K_{A,B}^{\text{pot}}$	Tetapan Selektivitas
$E_b$	Potensial ion pengganggu (mV)
$E_a$	Potensial ion Utama (mV)
$R$	Konstanta gas umum (8.314 j.K-1.mol-1)
$T$	Drajat (K)
$F$	Bilangan Faraday (96,485 C.mol-1)
$a_A$	Konsentrasi larutan
$Z$	Muatan ion
$V_1$	Volume larutan ion (ml)
$V_2$	Volume akhir (ml)
$M_1$	Molaritas awal larutan (mol/liter)
$M_2$	Molaritas akhir (mol/liter)



## DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
Zn-C	<i>Zinc-Carbon</i>
pH	<i>Power of Hidrogen</i>
ESI	Elektroda Selektive Ion
KCl	<i>Potassium Klorida</i>
FIA	<i>Flow Injection Analysis</i>
TDS	<i>Total Dissolve Solid</i>
PPM	<i>Part Per Million</i>
BaCL <sub>2</sub>	<i>Barium Klorida</i>
IUPAC	<i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>

