



**PENGEMBANGAN SENSOR VOLTAMMETRI OKSIGEN TERLARUT
DENGAN ELEKTRODA KERJA PLATINA DAN EMAS MENGGUNAKAN
LARUTAN ELEKTROLIT ASAM SULFAT**

SKRIPSI

Oleh

**Fani Atrica Suwita
NIM 101810301007**

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2014



**PENGEMBANGAN SENSOR VOLTAMMETRI OKSIGEN TERLARUT
DENGAN ELEKTRODA KERJA PLATINA DAN EMAS MENGGUNAKAN
LARUTAN ELEKTROLIT ASAM SULFAT**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan program studi kimia (S1)
dan mencapai gelas sarjana sains

Oleh

**Fani Atrica Suwita
NIM 101810301007**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER**

2014

PERSEMBAHAN

Skripsi yang berjudul “Pengembangan Sensor Voltametri Oksigen Terlarut dengan Elektroda Kerja Platina dan Emas Menggunakan Larutan Elektrolit Asam Sulfat” saya persembahkan untuk:

1. Endang Sulistyaningsih, Mama terhebat di dunia. Wanita paling kuat yang banyak mengajarkanku bagaimana cara menghadapi kehidupan dan tersenyum. Joyo Suwito, Papa terkeren di alam semesta yang mencetak mentalku sekeras baja dan menjadi bentuk duplikasi Papa versi wanita. Terimakasih untuk rangkaian doa yang papa mama panjatkan tiada henti, segala motivasi, dukungan, perhatian, pendidikan serta kasih sayang yang tiada ternilai.
2. Adikku Fandika Destrian Syah yang diam-diam memberikan banyak perhatian, trimakasih banyak.
3. *Teammate*, Bayu Setiawan Gus sekaligus Raka Jawa Timur yang kepo, sedikit menyebalkan, gridu dan *supplier* semangat berdaya tinggi.
4. Almamater tercinta Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

MOTTO

“True courage is persuing your dream, even when everyone else says it’s impossible”

(Barbie and The Three Musketeers, 2009)

“Even a smallest person can make a big difference”

(Barbie Present : Thumbelina, 2009)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fani Atrica Suwita

NIM : 101810301007

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengembangan Sensor Voltametri Oksigen Terlarut dengan Elektroda Kerja Platina dan Emas Menggunakan Larutan Elektrolit Asam Sulfat” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Oktober 2014

Yang menyatakan,

Fani Atrica Suwita

NIM 101810301007

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN SENSOR VOLTAMMETRI OKSIGEN TERLARUT
DENGAN ELEKTRODA KERJA PLATINA DAN EMAS
MENGUNAKAN LARUTAN ELEKTROLIT
ASAM SULFAT**

Oleh

Fani Atrica Suwita

NIM 101810301007

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D

Dosen Pembimbing Anggota : Tri Mulyono, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul *Pengembangan Sensor Voltammetri Oksigen Terlarut dengan Elektroda Kerja Platina dan Emas Menggunakan Larutan Elektrolit Asam Sulfat* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada

Hari, Tanggal :

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Tim Penguji

Ketua (DPU),

Sekretaris (DPA),

Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D
NIP. 196605291993031003

Tri Mulyono, S.Si., M.Si.
NIP. 196810201998021002

Penguji I,

Penguji II,

Yeni Maulidah Muflihah, S.Si., M.Si.
NIP. 198008302006042002

Agung Budi Santoso, S.Si., M.Si.
NIP. 197104301998031003

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Jember,

Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D
NIP. 196101081986021001

RINGKASAN

Gas oksigen terlarut memegang peranan yang cukup penting di lingkungan. Keberadaannya perlu dimonitoring agar jumlahnya sesuai, tidak kurang atau tidak melebihi jumlah nilai ambang batas (NAB). Seiring waktu berbagai analisis telah dikembangkan untuk mengetahui jumlah oksigen terlarut atau *dissolved oxygen* (DO). Sensor oksigen terlarut berbasis elektrokimia banyak dikembangkan karena tergolong murah, mudah digunakan, dan memiliki sensitivitas yang baik. Salah satu sensor oksigen berbasis elektrokimia yaitu sensor yang menggunakan teknik voltametri siklik. Sensor oksigen terlarut ini terdiri dari 3 elektroda, yaitu elektroda kerja, elektroda pembanding dan elektroda bantu. Pada penelitian ini digunakan logam platina dan emas sebagai elektroda kerja (*working electrode*) dan elektroda bantu (*counter electrode*). Penggunaan kedua logam tersebut karena sifatnya yang stabil terhadap reaksi-reaksi kimia (inert). elektroda pembanding atau *reference electrode* berupa elektroda Ag/AgCl. Larutan elektrolit yang dipilih dalam penelitian ini adalah asam sulfat (H₂SO₄) karena dapat menghantarkan arus listrik dan juga mengandung ion H⁺ yang berperan dalam reaksi reduksi oksigen pada elektroda kerja. Sensor dikemas dalam pipa PTFE dan juga digunakan membran PTFE pada bagian luar sensor untuk memisahkan antara larutan elektrolit dengan sampel air. Membran PTFE bersifat selektif terhadap gas oksigen sehingga berfungsi sebagai media difusi oksigen terlarut dalam sampel air menuju ke larutan elektrolit.

H₂SO₄ sebagai larutan elektrolit divariasikan pada beberapa konsentrasi untuk mendapatkan kondisi optimum yang menunjang kinerja sensor. Optimasi juga dilakukan terhadap pemberian nilai *scan rate* potensial dari potensiostat sebagai penentu kondisi optimum reduksi oksigen. Sensor oksigen lebih lanjut diuji karakteristik kerjanya, meliputi sensitivitas, daerah linier, limit deteksi, reproduktibilitas

dan uji-T perbandingan dua data hasil pengukuran menggunakan DO meter dan sensor oksigen dari hasil penelitian.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa voltamogram pengukuran oksigen terlarut didapatkan puncak reduksi oksigen pada potensial $-905,5$ mV untuk elektroda kerja Pt dan $-1297,5$ mV untuk elektroda kerja Au. Larutan elektrolit H_2SO_4 $0,1$ M memberikan nilai arus puncak reduksi yang optimum untuk sensor yang menggunakan elektroda kerja Pt dan Au. Nilai *scan rate* optimum untuk sensor yang menggunakan elektroda Pt dan Au berturut-turut yaitu 60 mV/s dan 80 mV/s. Sensitifitas sensor menggunakan elektroda kerja Pt (-14.841 nA/ppm) tiga kali lebih tinggi daripada menggunakan elektroda Au ($-4.679,6$ nA/ppm). Sensor menggunakan elektroda kerja Pt dan Au memiliki *linear range* yang sama yaitu $1,33 - 6,00$ ppm dengan koefisien korelasi (R^2) sebesar $0,968$ (Pt) dan $0,942$ (Au). Limit deteksi sensor yang menggunakan elektroda kerja Pt ($0,04$ ppm) lebih rendah daripada elektroda kerja Au ($0,2$ ppm).

Hasil uji-T untuk pengukuran oksigen terlarut pada suatu sampel air menggunakan sensor oksigen terlarut berbasis voltametri siklik dan DO meter didapatkan bahwa keduanya memiliki hasil pengukuran yang berbeda secara nyata (selang kepercayaan 95%). Sensor oksigen terlarut Pt atau Au yang digunakan dalam penelitian ini masih memiliki respon dibawah sensor DO meter dalam mendeteksi oksigen terlarut.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Pengembangan Sensor Voltametri Oksigen Terlarut dengan Elektroda Kerja Platina dan Emas Menggunakan Larutan Elektrolit Asam Sulfat. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Tri Mulyono, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
4. Yeni Maulidah Muflihah, S.Si., M.Si. dan Agung Budi Santoso, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya guna menguji, serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Bapak dan ibu dosen- dosen Jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan;
6. Kedua orang tua penulis Bapak Joyo Suwito, Ibu Endang Sulistyaningsih yang telah memberikan kasih sayang, bimbingan, motivasi, dan dukungan sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan baik;

7. Seseorang yang selalu kusebut dalam doa, dan terukir lekat dalam hati trimakasih banyak atas pengorbanan, bantuan, doa, semangat, perhatian dan kasih sayang yang telah diberikan. Tetaplah menjadi penyempurna yang melengkapi kekuranganku, Nico Hayurisadi Andrewan.
8. Rekan seperjuangan Bayu Setiawan, Wawan Badrianto, Ahmad Sholihudin Almukminin, Agita Raka, Wiwik Sofia, Andika Ade Kurniawan, Ahmad Haris Efendi, dan Ahmad Zainur R terima kasih atas dorongan dan kerjasamanya.
9. Teman-teman Rumpis angkatan 2010, trimakasih atas semangat, bantuan, saran, perhatian, dan berjuta kenangan yang kalian berikan.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Oktober 2014

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
SKRIPSI.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Oksigen Terlarut	4
2.2 Platina (Pt) dan Emas (Au).....	5
2.3 Elektrolisis	5
2.3.1 Prinsip Elektroanalisis	5

2.3.2 Sel Elektrokimia	6
2.4 Voltammetri	9
2.5 Voltammetri Siklik (Cyclic Voltammetry).....	11
2.6 Sensor Oksigen Terlarut (Dissolved Oxygen).....	12
2.7 Potensiostat	14
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	16
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.2.1 Alat.....	16
3.2.2 Bahan.....	16
3.3 Diagram alir Penelitian.....	17
3.4 Prosedur penelitian	17
3.4.1 Pembuatan Berbagai Larutan	17
3.4.2 Preparasi Sel Elektrokimia Berbasis Membran.....	18
3.4.3 Evaluasi Profil Voltammogram.....	19
3.4.4 Optimasi Parameter Kinerja Sensor Voltammetri.....	19
3.4.5 Pengukuran Larutan Standar O ₂ dengan DO meter	20
3.4.6 Karakterisasi Kinerja Sensor Berbasis Membran.....	20
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Profil Voltammogram	24
4.2 Optimasi Parameter Kinerja Sensor Oksigen	26
4.2.1 Konsentrasi Larutan H ₂ SO ₄ (Elektrolit) Optimum	26
4.2.2 Penentuan scan rate optimum.....	28
4.3 Karakteristik Sensor Oksigen Terlarut Berbasis Voltametri Siklik	30
4.3.1 Sensitifitas dan Linier Range	30
4.3.2 Limit Deteksi.....	32
4.3.3 Reprodusibilitas.....	32
4.3.4 Perbandingan DO Meter dan Sensor Oksigen.....	34
BAB 5. PENUTUP.....	37

5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN A. PEMBUATAN LARUTAN	42
LAMPIRAN B. PROFIL VOLTAMMOGRAM	43
LAMPIRAN C. DATA HASIL OPTIMASI.....	45
LAMPIRAN D. KARAKTERISASI SENSOR OKSIGEN TERLARUT	57

DAFTAR TABEL

2.1 Kadar oksigen terlarut jenuh pada suhu tertentu.....	4
4.1 Perbandingan pengukuran sampel oksigen terlarut Pt dengan DO meter.....	34
4.2 Perbandingan pengukuran sampel oksigen terlarut Au dengan DO meter.....	35

DAFTAR GAMBAR

2.1 Elektrode Reference Ag/AgCl.....	8
2.2 Profil voltammogram siklik reaksi oksidasi reduksi.....	12
2.3 Desain sensor oksigen terlarut	13
2.4 Sensor oksigen terlarut berbasis voltammetri.....	14
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	17
3.2 Kurva linier	21
4.1 Voltamogram sensor oksigen terlarut menggunakan elektroda kerja Pt	25
4.2 Voltamogram sensor oksigen terlarut menggunakan elektroda kerja Au.....	25
4.3 Voltamogram dari variasi konsentrasi larutan eletrolit berupa H ₂ SO ₄ menggunakan elektroda Pt	26
4.4 Voltamogram dari hasil variasi konsentrasi H ₂ SO ₄ dengan elektroda Au.....	27
4.5 Voltamogram dari variasi scan rate menggunakan elektroda Pt.....	28
4.6 Voltamogram menggunakan elektroda Au dengan variasi nilai scan rate.....	30
4.7 Kurva kalibrasi elektroda Pt.....	31
4.8 Kurva kalibrasi elektroda Pt.....	32
4.9 Diagram batang dari nilai arus puncak yang diukur 3 hari berturut-turut menggunakan elektroda Pt.....	33
4.10 Diagram batang dari nilai arus puncak yang diukur 3 hari berturut-turut menggunakan elektroda Au.....	34

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A. PEMBUATAN LARUTAN.....	42
A.1 Pembuatan larutan H₂SO₄ dengan konsentrasi 5M.....	42
A.2 Pembuatan larutan H₂SO₄ dengan konsentrasi 1M.....	42
A.3 Pembuatan larutan H₂SO₄ dengan konsentrasi 0,1M.....	42
A.4 Pembuatan larutan H₂SO₄ dengan konsentrasi 0,01M.....	42
A.5 Pembuatan larutan H₂SO₄ dengan konsentrasi 0,001M.....	42
A.6 Pembuatan larutan standar oksigen.....	42
LAMPIRAN B. PROFIL VOLTAMMOGRAM.....	43
B.1 Profil voltammogram elektroda Pt.....	43
B.2 Profil voltammogram elektroda Au.....	43
LAMPIRAN C. DATA HASIL OPTIMASI.....	45
C.1 Optimasi konsentrasi larutan H₂SO₄ pada elektroda kerja Pt.....	45
C.1.1 Ekstrapolasi puncak reduksi oksigen pada elektroda kerja Pt dalam variasi konsentrasi H ₂ SO ₄ dan <i>scan rate</i> 50mV/s.....	45
C.1.2 Tabel data arus reduksi oksigen pada elektroda kerja Pt dalam variasi konsentrasi H ₂ SO ₄ <i>scan rate</i> 50mV/s.....	47
C.2 Optimasi konsentrasi larutan H₂SO₄ pada elektroda kerja Au ..	48
C.2.1 Ekstrapolasi puncak reduksi oksigen pada elektroda kerja Au dalam variasi konsentrasi H ₂ SO ₄ dan <i>scan rate</i> 50mV/s.....	48
C.2.2 Tabel data arus reduksi oksigen pada elektroda kerja Au dalam variasi konsentrasi H ₂ SO ₄ dan <i>scan rate</i> 50mV/s.....	49

C.3	Optimasi <i>scan rate</i> pada elektroda kerja Pt	50
C.3.1	Ekstrapolasi puncak reduksi oksigen pada elektroda kerja Pt dalam konsentrasi H ₂ SO ₄ 0,1M dan variasi <i>scan rate</i>	50
C.3.2	Tabel data arus reduksi oksigen pada elektroda kerja Pt dalam konsentrasi H ₂ SO ₄ 0,1M dan variasi <i>scan rate</i>	50
C.4	Optimasi <i>scan rate</i> pada elektroda kerja Au	53
C.4.1	Ekstrapolasi puncak reduksi oksigen pada elektroda kerja Pt dalam konsentrasi H ₂ SO ₄ 0,1M dan variasi <i>scan rate</i>	53
C.4.2	Tabel data arus reduksi oksigen pada elektroda kerja Au dalam konsentrasi H ₂ SO ₄ 0,1M dan variasi <i>scan rate</i>	55
D.1	Karakterisasi Sensor Oksigen Terlarut Dengan Elektroda Pt	57
D.1.1	Uji unjuk kerja sensor oksigen terlarut dengan elektroda Pt hari pertama	57
D.1.2	Uji unjuk kerja sensor oksigen terlarut dengan elektroda Pt hari kedua	60
D.1.3	Uji unjuk kerja sensor oksigen terlarut dengan elektroda Pt hari ketiga	64
D.1.4	Limit deteksi	67
D.1.5	Reprodusibilitas	69
D.1.6	Analisis data uji-t	70
D.2	Karakterisasi Sensor Oksigen Terlarut Dengan Elektroda Au	71
D.2.1	Uji unjuk kerja sensor oksigen terlarut dengan elektroda Au hari pertama	71
D.2.2	Uji unjuk kerja sensor oksigen terlarut dengan elektroda Au hari kedua	75

D.2.3 Uji unjuk kerja sensor oksigen terlarut dengan elektroda Au hari ketiga	78
D.2.4 Limit deteksi.....	81
D.2.5 Reprodusibilitas	84
D.2.6 Analisis data uji-t.....	84