49.151/H/13

RSKi
541.372 4
Kri
p-1
2012

MILIK PERPUSTAKAAN
ITS

SKRIPSI

PENGARUH VARIASI KOMPOSISI ELEKTRODA GRAFIT/LEM SILIKON PADA ELEKTROLISIS LARUTAN NaCl

HERU KRISWANTORO
NRP 1408100013

Dosen Pembimbing
SUPRAPTO, Ph. D

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2012

PERPUSTAKAAN
ITS

Tgl. Terima	19-11-2012
Terima Dari	H
No Agenda Prp.	



SKRIPSI

THE EFFECT OF GRAPHITE-SILICONE GLUE ELECTRODE COMPOSITION ON NaCl SOLUTIONS ELECTROLYSIS

HERU KRISWANTORO
NRP 1408100013

Dosen Pembimbing
SUPRAPTO, Ph. D

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2012

Pengaruh Variasi Komposisi Elektroda Grafit/Lem Silikon pada Elektrolisis Larutan NaCl

TA

Disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan
mata kuliah TA program S-1

Di Jurusan Kimia,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

HERU KRISWANTORO
NRP 1408100013

Dosen Pembimbing
SUPRAPTO, Ph. D

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2012

Pengaruh Variasi Komposisi Elektroda Grafit/Lem Silikon pada Elektrolisis Larutan NaCl

TA

Disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan
mata kuliah TA program S-1

Di Jurusan Kimia,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

HERU KRISWANTORO
NRP 1408100013

Surabaya,20 Juli 2012
Dosen Pembimbing,

Suprapto, Ph.D
NIP. 197209 19199802 1 001

Mengetahui :
Ketua Jurusan Kimia,

Hamzah Fansuri, M. Si, Ph.D
NIP. 19691017 199412 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

Dosen Penguji yang bertandatangan di bawah ini, adalah Dosen Penguji pada ujian skripsi dari mahasiswa:

Nama : **Heru Kriswantoro**

NRP : **1408100013**

Judul tulisan : **Pengaruh Variasi Komposisi Elektroda Grafit/Lem Silikon pada Elektrolisis Larutan NaCl**

Dengan ini menyatakan bahwa naskah skripsi tersebut telah diperbaiki sesuai hasil sidang Ujian skripsi pada hari tanggal 2012

DOSEN PENGUJI

No.	NAMA	JABATAN	TANDATANGAN
1.		Ketua	
2.		Sekretaris	
3.		Anggota	
4.		Anggota	
5.		Anggota	

Karya ini kupersembahkan untuk

Ibu, Ayah dan Adik tercinta serta untuk Nenek aku yang sedang sakit, semoga cepet sembuh ya

.....

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga TA yang berjudul **"Pengaruh variasi komposisi elektroda grafit/lem silikon pada elektrolisis larutan NaCl"** ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tulisan ini tidak dapat terwujud tanpa bantuan, dukungan dan dorongan dari semua pihak, untuk ini penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Suprapto, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama penyusunan kolokium ini.
2. Dr.rer.nat Irmina Kris Murwani selaku dosen wali atas semua pengarahannya.
3. Ayah dan Ibu yang selalu memberi dukungan dan doa.
4. Kristin diana ningrum yang selalu menemani dan memberi banyak motivasi
5. Teman-teman se-lab (bram, lele, dikron, eja, bogel, eng, ateng, togar dll).
6. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penulisan TA ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa TA ini tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk dapat meningkatkan kualitas dan perbaikan lebih lanjut.

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMBANG dan SINGKATAN	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Air laut	5
2.2. Sel elektrokimia	7
2.2.1. Sel elektrolisis	9
2.2.2. Elektrolit	12
2.2.3. Elektroda	15
2.3. GGL	20
2.4. Reaksi oksidasi reduksi	22
2.5. Hukum faraday	28

2.6. Potensiostat 29
2.7. Voltametri 31

BAB III METODOLOGI 33

3.1 Alat dan bahan 33

3.2 Prosedur 34

3.2.1 Pembuatan larutan NaCl 1M, 3M dan 5M 34

3.2.2. Preparasi elektroda grafit 35

3.2.3. Pengukuran arus sebagai fungsi potensial 35

3.2.4. Voltametri siklik 37

3.2.5. Proses elektrolisis untuk penentuan kadar Cl 38

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 41

4.1 Pengukuran arus sebagai variasi potensial 41

4.2 Analisis menggunakan voltametri siklik 44

4.4 Elektrolisis larutan NaCl dengan elektroda grafit:lem silikon 49

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 61

DAFTAR PUSTAKA 63

Lampiran 69

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Halaman
II.1	Skema alat potensiostat	30
II.2	Skema alat voltametri	32
III.1	Rangkaia alat elektroda	37
IV.1	Nilai arus sebagai fungsi potensial pada variasi komposisi perbandingan elektroda grafit+lem silikon	42
IV.2	Voltamogram untuk elektrolisis NaCl 1M, 3M dan 5M dengan elektroda karbon:lem silikon (a) 5:1 (b) 10:1 (c) 15:1	46
IV.3	Gambar siklis voltametri elektroda komersial dari edaq pada variasi konsentrasi NaCl	47
IV.4	Voltamogram untuk elektrolisis NaCl 5M dengan elektroda karbon : lem silikon 5:1, 10:1 dan 15:1	48
IV.5	Grafik arus sebagai fungsi waktu pada elektrolisis larutan garam jenuh 5M elektroda grafit:lem silikon = 5:1	51

IV.6 Grafik arus sebagai fungsi waktu pada elektrolisis larutan garam jenuh 5M elektroda grafit:lem silikon = 10:1 53

IV.7 Grafik arus sebagai fungsi waktu pada elektrolisis larutan garam jenuh 5M elektroda grafit:lem silikon = 15:1 54

IV.8 Grafik kadar Cl sebelum dan sesudah elektrolisis 57

IV.9 Grafik pengurangan kadar Cl pada masing-masing elektroda 58

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Halaman
II.1	Unsur-unsur utama air laut	6
II.2	Klasifikasi air berdasarkan salinitas	7
II.3	Perbedaan aliran listrik yang terjadi antara larutan elektrolit dengan konduktor logam	8
II.4	Perbedaan elektrolit kuat dan lemah	14
II.5	Potensial reduksi standart	26
IV.1	Nilai resistansi pada variasi komposisi perbandingan elektroda grafit : lem silikon	43
IV.2	Arus sebagai fungsi waktu pada elektrolisis dengan elektroda grafit : lem = 5 : 1	51
IV.3	Arus sebagai fungsi waktu pada elektrolisis dengan elektroda grafit : lem = 10 : 1	52
IV.4	Arus sebagai fungsi waktu pada elektrolisis dengan elektroda grafit : lem = 15 : 1	54

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang	Arti Lambangan	Halaman
NaCl	Natrium klorida	1
NaOH	Natrium hidroksida	1
Cl	klorida	3
Emf	Elektromotive force	20
Q	Muatan	29
I	Arus	29
F	Faraday	29
E	Potensial	40
Cl_2	klorin	49
K_2CrO_4	Kalium kromat	53
$AgNO_3$	Perak nitrat	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul Lampiran	Halaman
A	Skema kerja	69
B	Perhitungan	74
C	Daftar tabel	78
D	Morfologi elektroda dan Gambar LSV dan CV	80

ABSTSTRAK

Pada penelitian ini telah dipelajari variasi komposisi elektroda grafit yang dicampur dengan lem silikon dengan perbandingan $5:1^{W}/_{W}$, $10:1^{W}/_{W}$ dan $15:1^{W}/_{W}$ untuk elektrolisis larutan NaCl. Konsentrasi larutan NaCl yang digunakan adalah 1 M, 3 M dan 5 M. Pengujian elektroda meliputi pengukuran arus sebagai variasi potensial dari -1 V sampai 1 V untuk mengetahui besarnya resistansi dari masing-masing elektroda. Resistansi elektroda grafit : lem silikon = 5:1 $^{W}/_{W}$; 10:1 $^{W}/_{W}$ dan 15:1 $^{W}/_{W}$ sebesar 263,15 Ω; 53,47 Ω dan 19,19 Ω. Ketiga elektroda tersebut mempunyai daya tahan yang baik terhadap elektrolisis. Pengurangan kadar ion Cl^{-} pada konsentrasi NaCl 5 M selama elektrolisis dengan elektroda grafit : lem silikon = 5:1 $^{W}/_{W}$; 10:1 $^{W}/_{W}$ dan 15:1 $^{W}/_{W}$ sebesar 38,34 $\frac{mg}{L}$; 76,68 $\frac{mg}{L}$ dan 89,46 $\frac{mg}{L}$.

Kata kunci : Elektrolisis, Elektroda, Resistansi, Pengukuran kadar ion klorida

Abstract

The effect of graphite electrode composition on electrolysis of NaCl solutions has been investigated. Graphite powder was mixed with silicon glue in ratio 15:1, 10:1, 5:1 $^{W}/_{W}$. NaCl concentration variation that used were 1 M, 3 M, and 5 M. The electrode tested with current was measure of a function of electric voltage scanning from -1 V to 1 V to measure the resistance of each electrode. The resistance of graphite : silicon glue electrode = 5:1 $^{W}/_{W}$, 10:1$^{W}/_{W}$, 15:1 $^{W}/_{W}$ were 263,15 Ω, 53,47 Ω and 19,19 Ω, respectively. Electrodes have good durability during electrolysis process. The peak were stable without any significant difference. Chloride reduction upon electrolysis in 5 M NaCl with graphite : silicon glue = 5:1, 10:1 , 15:1 $^{W}/_{W}$ were 38,34 $\frac{mg}{L}$, 51,12 $\frac{mg}{L}$ and 89,46 $\frac{mg}{L}$, respectively.

Key words : Electrolysis, Electrode, Resistance, Reduction Cloride.

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

BAB I
PENDAHULUAN

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

1.1. Latar Belakang

Elektrolisis adalah proses oksidadi reduksi analit pada suatu sel elektrokimia yang disebabkan oleh adanya arus listrik searah yang dialirkan pada elektrolit (Svehla,1985). Faktor yang mempengaruhi elektrolisis antara lain konsentrasi elektrolit, rapat arus, tegangan listrik, jarak anoda-katoda, dan temperatur. Salah satu kegunaan elektrolisis adalah untuk memperoleh gas hidrogen, gas oksigen, gas klorin, NaOH dan hipoklorit dari elektrolisis larutan NaCl.

Jenis elektroda yang digunakan untuk elektrolisis juga merupakan faktor yang mempengaruhi proses elektrolisis. Lim dkk, 1982 melakukan pengukuran pH di sekitar 150μm dari permukaan katoda plat nikel pada proses elektrolisis dengan arus konstan dan konsentrasi larutan NaCl divariasi. Pada konsentrasi elektrolit yang sama metode yang menggunakan elektroda semimikro Pt/H_2 menghasilkan nilai pH yang lebih besar daripada menggunakan elektroda semimikro antimon. Elektrolisis larutan NaCl dengan menggunakan grafit menghasilkan gas CO_2 dan CO dari oksidasi grafit. Setelah elektrolisis

elektroda grafit menjadi kasar dan mengalami perubahan sifat permukaan. Selama polarisasi anodik, oksida karbon yang stabil akan hilang pada beda potensial 1,7 volt, dimungkinkan karena adanya pembentukan CO dan CO_2. Kekerasan permukaan akan meningkat sampai 17 kali dari elektroda grafit baru (Janssen, 1969).

Pembentukan lempeng elektroda dari campuran serbuk membutuhkan suatu bahan tambahan, yaitu *binder*/pengikat. Bahan pengikat dimaksudkan untuk menyatukan partikel serbuk grafit. Kompaktibilitas suatu pelet dapat dipengaruhi oleh tekanan kompresi maupun bahan pengikat. Bahan pengikat yang biasa digunakan adalah gula, amilum, gelatin, tragakan, povidon (PVP), dan zat lain yang sesuai (Voigt, 1984).

Bahan pengikat dapat ditambahkan dalam bentuk kering dan bentuk larutan. Pada serbuk basah, bahan pengikat biasanya ditambahkan dalam bentuk larutan (dibuat solution, musilago atau suspensi), namun dapat juga ditambahkan dalam bentuk kering, setelah dicampur dengan massa yang akan dibuat lempengan baru ditambahkan pengikat berjenis kering. Pengaruh perekat polimer pada elektroda grafit bisa

meningkatkan kestabilan pada analisis dengan voltametri siklik (M.Noel, 1996).

Semakin luas permukaan elektroda yang kontak dengan elektrolit maka reaksi oksidasi reduksi semakin cepat seperti dilakukan oleh Ahmat, 2010. Elektroda dengan bentuk balok mampu untuk melakukan proses oksidasi reduksi lebih cepat daripada bentuk lempengan, batang atau kawat.

Berdasarkan sifat grafit yang mudah teroksidasi dan rontok ketika digunakan untuk elektrolisis maka diperlukan adanya perekat agar elektroda grafit itu tidak cepat rusak, Oleh karena itu pada penelitian ini akan dipelajari pengaruh komposisi elektroda yang divariasikan dari grafit yang dicampur dengan lem silikon yang berfungsi sebagai perekat. Elektroda ini digunakan untuk elektrolisis namun terlebih dahulu diukur resistansi dan daya tahannya menggunakan voltametri linier dan voltametri siklis kemudian dielektrolisis dengan larutan elektrolit NaCl untuk mengetahui besarnya arus sebagai fungsi waktu dan pengurangan kadar Cl yang dihasilkan elektroda dari variasi komposisi elektroda grafit yang dicampur lem silikon dengan perbandingan 15:1 10:1 dan 5:1 pada elektrolisi larutan NaCl.

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

1.2. Permasalahan

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi komposisi elektroda grafit yang dicampur dengan lem silikon pada elektrolisis larutan NaCl.

1.3. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi elektroda grafit yang dicampur dengan lem silikon pada elektrolisis larutan NaCl.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

2.1. Air laut

Luas wilayah indonesia kira-kira adalah 5 juta km^2, yang terdiri dari luas daratan 1,9 juta km^2 dan 3,1 juta km^2 luas laut teritorial (Nontji, 1987). Ciri paling khas pada air laut adalah rasanya yang asin, hal ini disebabkan karena di dalam air laut terdapat bermacam-macam garam dan paling utama adalah garam natrium klorida (NaCl). Selain garam-garam klorida di dalam laut terdapat pula garam magnesium, kalsium, kalium dan sebagainya (Nontji, 1987). Air juga merupakan suatu zat pelarut yang dapat melarutkan zat lain dalam jumlah lebih besar daripada zat cair lainnya. Sifat ini dapat dilihat dari banyaknya unsur-unsur pokok yang terdapat dalam air laut. Unsur-unsur utama air laut dengan konsentrasi masing-masing ion dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1. Unsur-unsur utama air laut (Hutabarat, 1985).

	Ion	Konsentrasi (%)
Ion Negatif (Anion)	klorida, Cl^-	18,980
	Sulfat, SO_4^{2-}	2,649
	Bikarbonat, HCO_3^-	0,140
	Bromida, Br^-	0,065
	Borat, $H_2BO_3^-$	0,026
	Flourida, F^-	0,001
Jumlah		21,861
Ion Positif (kation)	Sodium, Na^+	10,556
	Magnesium, Mg^{2+}	1,272
	kalsium, Ca^{2+}	0,400
	Potassium, K^+	0,380
	Stronsium, Sr^{2+}	0,013
Jumlah		12,621
Jumlah seluruh ion		34,482

Mineral klorida dan natrium menempati kadar terbesar, diikuti kemudian oleh magnesium, sulfur, kalsium dan kalium (Sembiring dan Subroto, 2007). Pada kedalaman dibawah 1000 meter, hanya terjadi perubahan salinitas yang kecil dengan nilai perubahan berkisar secara tetap diantara 34,5% dan 35%. Air laut juga mengandung sejumlah besar gas-gas udara terlarut. Gas-gas yang ada di atmosfer dapat dijumpai

di dalam air laut, walaupun jumlah yang terdapat tidak sama seperti yang ada di udara (Hutabarat dkk, 1985). Salinitas air laut dipengaruhi oleh pasang surut, curah hujan, penguapan, presipitasi dan topografi suatu perairan akibatnya salinitas suatu perairan dapat sama atau berbeda dengan perairan lainnya (Effendi, 2003). Salinometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur salinitas dengan ketelitian tinggi. Cara kerja salinometer ini berdasarkan daya hantar listrik. Semakin besar salinitas, maka semakin besar daya hantar listrik (Nontji, 1987). Salinitas air laut rata-rata di daerah tropis adalah sekitar 35% (Supriharyono, 2007). Klasifikasi air berdasarkan salinitas dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2. Klasifikasi air berdasarkan salinitas (Effendi, 2007).

Jenis	Salinitas (permil)
Air tawar	<0,5
Air payau	0,5 - 3,0
Air asin	30 - 40

2.2. Sel elektrokimia

Sel elektrokimia dibagi menjadi dua yaitu sel galvani/volta dan sel elektrolisis. Reaksi yang terjadi pada sel volta berkebalikan dengan sel elektrolisis.

Pada sel volta energi listrik dihasilkan dari reaksi kimia yang terjadi secara spontan atau tanpa adanya tambahan energi listrik. Contoh sel volta adalah baterai. Pada sel elektrolisis reaksi kimia tersebut sulit untuk terjadi secara spontan. Oleh karena itu pada sel elektrolisis ditambahkan energi listrik dari sumber listrik sesuai dengan E sel agar reaksi kimia itu dapat terjadi. Pada sel elektrokimia terdapat aliran listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit dan konduktor logam. Berikut adalah perbedaan aliran listrik yang terjadi antara larutan elektrolit dengan konduktor logam seperti pada tabel 2.3 di bawah ini

Tabel 2.3. Perbedaan aliran listrik yang terjadi antara larutan elektrolit dengan konduktor logam

Karakteristik aliran listrik pada konduktor logam	Karakteristik aliran listrik pada larutan
Sifat kimia logam tidak berubah	Terjadi perubahan sifat kimia larutan
Arus listrik dibawa dalam bentuk elektron	Arus listrik dibawa dalam bentuk ion
Peningkatan suhu akan meningkatkan daya tahan logam	Peningkatan suhu akan mempercepat reaksi kimia

Jika dua elektroda pada sel elektrokimia terhubung dengan konduktor logam, elektron akan mengalir ke larutan elektrolit, kemudian perubahan

kimia yang terjadi di dalam larutan akan membuat larutan tersebut berubah dan di dalam reaktor bisa terjadi segala bentuk hasil elektrolisis, mulai dari bentuk gas, cairan sampai endapan, jika sebuah voltmeter terhubung dalam rangkaian tersebut maka akan diketahui bahwa gaya gerak listrik yang timbul akibat reaksi oksidasi reduksi yang terjadi di dalam sel elektrokimia (Sawyer, 2003).

2.2.1. Sel Elektrolisis

Sel elektrolisis adalah sel yang disusun untuk menghasilkan reaksi reduksi oksidasi dengan mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Elektrolisis bereaksi secara tidak spontan (E° sel negatif (-) atau $\Delta G>0$), karena energi listrik dialirkan dari sumber luar dan disalurkan melalui sel elektrokimia.

Perubahan kimia yang terjadi selama elektrolisis dapat dilihat sekitar elektroda. Elektroda positif (+) disebut anoda sedangkan elektroda negatif (-) adalah katoda (Svehla,1985). Reaksi kimia yang terjadi pada elektroda selama terjadinya konduksi listrik disebut elektrolisis dan alat yang digunakan untuk reaksi ini disebut sel elektrolisis. Sel elektrolisis memerlukan energi untuk transfer elektron. Ketika sumber tegangan

dialirkan pada elektrolit, ion yang bermuatan positif akan menyerap elektron dan mengalami reaksi reduksi di katoda. Ion yang bermuatan negatif akan melepas elektron dan mengalami reaksi oksidasi di anoda (Brady, 1999). Contohnya elektrolisis terhadap larutan NaCl dan reaksi yang terjadi pada katoda dan anoda. Ion yang bermuatan negatif seperti ion hidroksida dan ion klor pada larutan berpindah ke anoda untuk memberikan elektron dan menjadi gas oksigen, gas klorin, ion hidrogen, asam klorida dan asam hipoklorit. Ion bermuatan positif seperti ion hidrogen dan natrium berpindah ke katoda untuk memberikan elektron dan menjadi gas hidrogen dan natrium hidroksida.

Selama reaksi sel berlangsung terjadi perpindahan elektron dari anoda ke katoda menujukkan bahwa antara anoda dan katoda ada selisih tegangan listrik yang disebut tegangan(E° sel). Pada elektrolisis reaksi berlangsung secara tidak spontan karena proses elektrolisis bisa berjalan harus diberi sumber daya dari luar maka dengan pemberian beda tegangan luar yang kecil sudah cukup untuk memberikan aliran arus listrik yang kemudian digunakan untuk proses elektrolisis (Hartomo dkk 1995).

Faktor-faktor yang menentukan reaksi kimia elektrolisis antara lain konsentrasi (keaktifan) elektrolit yang berbeda dan komposisi kimia elektroda yang berbeda (Wicaksono, 2010).

Salah satu hasil dari elektrolisis adalah hidogen, hidrogen berasal dari bahasa Yunani memiliki 2 kata yaitu (hydro berarti air) dan (genes berarti pembentukan) adalah unsur kimia pada tabel periodik yang memiliki symbol H dan nomor atom 1. Hidrogen telah digunakan bertahun-tahun sebelum akhirnya dinyatakan sebagai unsur yang unik oleh Chavendish di tahun 1776. Hidrogen memiliki ciri-ciri seperti tidak memiliki rasa, bau, atau warna. Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen berupa gas tak berwarna, tak berbau relatif tidak larut dalam air, bersifat non-logam, bervalensi tunggal (Rigden, 2002).

Hidrogen diperkirakan akan membentuk komposisi lebih dari 90% atom-atom di alam semesta. Di seluruh alam semesta, hidrogen kebanyakan ditemukan dalam keadaan atomik dan plasma yang sifatnya berbeda dengan molekul hidrogen disebut sebagai molekul diatomik karena molekul tersebut mengandung hanya dua atom sedangkan disebut sebagai plasma karena elektron hidrogen dan proton terikat bersama dan

menghasilkan konduktivitas elektrik yang sangat tinggi (Chang, 2004).

Hidrogen dapat diperoleh dengan cara elektrolisis menggunakan NaCl. Apabila hidrogen dibutuhkan dalam jumlah sedikit di laboratorium dapat dilakukan dengan cara mereaksikan suatu logam aktif. Hidrogen bukan merupakan sumber energi seperti minyak bumi dan gas alam yang sudah tersedia dalam bentuk siap pakai. (Brady, 1999).

2.2.2. Elektrolit

Senyawa yang dapat membuat larutan meneruskan arus listrik disebut dengan elektrolit. Air adalah pelarut (solven) yang baik untuk senyawa ion dan mempunyai sifat menghantarkan arus listrik. Bila senyawa ion terdisosiasi dalam air, ion-ionnya tidak bisa bergerak secara bebas karena ion-ion tersebut dihalangi oleh molekul-molekul air sehingga dikatakan terhidrasi. Hal tersebut dinyatakan dengan simbol (aq) dibelakang rumus dari ion-ion tersebut. misalnya dalam dissosiasi natrium klorida (NaCl) yang terjadi bila zat padatnya dilarutkan dalam air dapat dinyatakan dengan persamaan berikut

$$\text{Larutan } NaCl_{(s)} \rightleftharpoons Na^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)} \quad (2.1)$$

$$\text{Larutan } KOH_{(S)} \rightleftharpoons K^{+}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)} \quad (2.2)$$

Larutan elektrolit dikelompokkan menjadi elektrolit kuat dan elektrolit lemah. Elektrolit kuat seperti NaCl ataupun KOH dalam larutan terdissosiasi hampir sempurna. Satu mol NaCl akan memberikan satu mol ion natrium (Na^{+}) dan satu mol ion klor (Cl^{-}), demikian juga satu mol KOH akan menghasilkan satu mol kalium (K^{+}) dan satu mol hidroksida (OH^{-})(Brady 1999, shevla 1985). Sedangkan larutan elektrolit lemah yaitu larutan yang mampu untuk menghantarkan arus listrik namun lemah sekali, salah satu contohnya adalah asam asetat, bila senyawa ini dilarutkan dalam air hanya sebagian kecil dari senyawa tersebut yang berubah menjadi ion, sedangkan sisanya masih tetap berbentuk molekul yang tak bermuatan (Brady, 1999).

Penggolongan larutan elektrolit tersebut dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

Tabel 2.4. Perbedaan elektrolit kuat dan elektrolit lemah

Jenis Larutan	Sifat larutan	Contoh	Reaksi ionisasi
Elektrolit Kuat	Zat dalam larutan akan terdisosiasi sempurna, menghantarkan listrik	NaCl HCl NaOH	$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$ $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$ $NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$
Elektrolit lemah	Terionisasi sebagian, Menghantarkan listrik tapi lemah	HCN $Al(OH)_3$	$HCN \rightarrow H^+ + CN^-$ $Al(OH)_3 \rightarrow Al^{3+} + 3OH^-$

Larutan elektrolit memiliki daya hantar elektrolit. Daya hantar elektrolit adalah kemampuan elektrolit untuk menghantar listrik atau bisa disebut juga konduktivitas. Larutan elektrolit menghantarkan arus listrik yang lewat karena terjadi transfer ion ke elektroda. Perubahan daya hantar terjadi karena adanya perubahan konsentrasi atau pengenceran larutan elektrolit. Perubahan daya hantar juga tergantung pada sifat elektrolit dan waktu elektrolisis. Jika elektrolit kuat dan konsentrasi larutan elektrolit besar maka daya hantar larutan juga semakin cepat sehingga kekuatan untuk menarik ion akan semakin besar. Apabila konsentrasi rendah maka kekuatan untuk menarik ion akan semakin berkurang (Marlon dkk,1974).

Larutan elektrolit jika dielektrolisis akan terurai menjadi bermuatan positif dan negatif yang kemudian disebut ion. Elektrolit yang terurai menjadi ion-ion menyebabkan larutan berair menjadi bersifat asam-basa. Ion yang menyebabkan sifat asam adalah proton (H^+), sedangkan ion hidroksida (OH^-) menyebabkan sifat basa. Asam adalah elektrolit yang melepaskan ion hidrogen dalam air dan basa adalah elektrolit yang melepaskan ion hidroksida dalam air. Asam dan basa berada dalam kesetimbangan yang saling bergantung satu sama lain (Rivai, 1995).

2.2.3. Elektroda

Menurut Skoog dkk, elektroda dibagi menjadi tiga jenis yaitu jenis pertama (first kind), jenis kedua (second kind) dan jenis ketiga (third kind).

Elektroda jenis pertama merupakan elektroda yang tersusun dari logam murni pada kesetimbangan dengan larutan biasanya sebagai kation logam. Contohnya

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e \rightleftharpoons Cu_{(s)} \qquad (2.3)$$

Elektroda jenis pertama ini tidak banyak digunakan untuk analisa potensiometri karena beberapa alasan antara lain tidak selektif dan merespon tidak hanya

pada kation itu sendiri tetapi juga pada kation lain yang mudah untuk direduksi, elektroda logam seperti cadmium dan zink hanya dapat digunakan pada pelarut yang netral/basa karena tidak larut dalam pelarut asam, beberapa logam mudah teroksidasi.

Elektroda jenis kedua merupakan jenis elektroda yang responsif terhadap aktivitas anion yang akan membentuk endapan atau bisa juga membentuk ion komplek yang stabil contohnya elektroda perak bisa membentuk endapan perak nitrat atau perak klorida. E

Elektroda jenis ketiga dapat memberikan respon pada kation yang berbeda misalnya elektroda merkuri digunakan untuk menentukan $_{p}Ca$ dari kalsium yang terkandung dalam larutan. Elektroda jenis ketiga ini mempunyai ciri khas yaitu inert (Skoog, 1998). Platina termasuk elektroda jenis ketiga. Platina adalah logam yang berbentuk padat berwarna keperakan putih. Platina tidak bereaksi dengan udara, air atau bahan kimia sehingga tahan korosi. Platina merupakan logam yang sangat reaktif karena tahan korosi oleh air, oksigen di udara dan bahan kimia lainnya bahkan pada suhu yang sangat tinggi (Chavendish, 2004). Platina tahan terhadap asam maupun panas (Nicholson, 1803). Suatu metal seperti platina biasanya dipergunakan mengingat

benda ini tidak mudah bereaksi dengan kebanyakan larutan. Platina kemudian akan disebut elektroda inert (Day dkk, 2001).

Grafit juga termasuk elektroda jenis ketiga. Grafit merupakan allotropi karbon yang mempunyai pori dan konduktivitas termal yang tinggi sehingga dapat berfungsi sebagai penghantar arus. Grafit banyak dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi dalam peralatan kimia, bahan batu baterai, dan reaktor nuklir. Salah satu penggunaan grafit yang potensial adalah sebagai komponen batu baterai. Grafit dari sisa batu baterai masih bisa dimanfaatkan antara lain sebagai komponen dalam Elektroda Selektif Ion (ESI).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Yuyun (2007) yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan grafit bekas sebagai penghantar dalam ESI dan membuat ESI Iodida yang terdiri atas campuran AgI, parafin, dan grafit bekas dengan 3 komposisi. Selain itu juga untuk mempelajari karakter ESI yang telah dibuat, seperti koefisien selektivitas, faktor Nernst, limit deteksi, waktu respon, dan waktu hidup.

Grafit adalah suatu modifikasi dari karbon dengan sifat yang mirip logam (penghantar panas dan listrik

yang baik) dan mempunyai sifat yang tidak cukup padat. Keberadaan grafit di alam dalam jumlah yang sedikit. Oleh karena itu, untuk keperluan peralatan teknik serta pembuatan elektroda, grafit harus dibuat secara sintetik. Pembuatan grafit alam atau grafit yang dibuat dari kokas diperkecil ukurannya, dicampur dengan ter atau resin sintetik, kemudian dipanaskan sehingga membentuk padatan (*sintering*) dalam cetakan. Pada proses tersebut, bahan-bahan aditif terbakar menjadi arang. Pemanasan yang dilakukan sekali lagi sampai temperatur 3000°C akan menghasilkan lebih banyak grafit. Setelah dilakukan pemanasan, grafit perlu diberi bahan aditif impregnasi (misalnya dempul dan serbuk grafit). Setelah proses impregnasi, suhunya turun menjadi 165°C. Apabila tidak diimpregnasi, grafit dapat digunakan sampai 500°C.

Sifat-sifat grafit adalah penghantar listrik dan panas yang cukup baik tetapi bersifat rapuh. Pada temperatur yang lebih tinggi, grafit teroksidasi oleh asam nitrat berasap, klor dan oksigen. Grafit hanya dapat dilarutkan dalam besi leleh. Ditinjau dari segi ketahanan terhadap korosi, grafit merupakan bahan yang tahan terhadap semua asam dan sebagian besar basa hingga suhu di atas 100°C.

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

Prinsipnya, karbon yang dapat digunakan sebagai elektroda adalah karbon dengan grafit yang atom-atomnya terhibridasasi sp^2 yang menghubungkan satu atom karbon dengan atom karbon lainnya. Struktur ini memungkinkan terjadinya pergerakaan elektron sehingga dapat menghantarkan arus listrik.

Elektroda ini memiliki keunggulan yaitu sifatnya yang *inert* sehingga tidak mudah teroksidasi ataupun tereduksi. Oleh karena itu di dalam penelitian ini bahan karbon digunakan untuk pembuatan elektroda konduktansi dengan metode analisis konduktimetri. Pada dasarnya, konduktimetri merupakan pengukuran kemampuan larutan untuk menghantarkan listrik. Berbeda dengan kebanyakan metode elektroanalisis yang biasa digunakan, konduktimetri masuk dalam kategori teknik elektroanalisis unik. Prinsip dari teknik ini adalah pengukuran sifat fisik tertentu dari larutan, dalam hal ini adalah sifat konduktivitasnya.

Konduktansi (daya hantar) dari larutan yang berbeda-beda, tergantung pada jumlah ion dan mobilitas ion didalam larutan. Dengan demikian, konduktansi suatu larutan berhubungan dengan konsentrasi dan ukuran ion. Kekuatan konduktansi larutan elektrolit dinyatakan melalui pergerakan ion-

ion dalam medan listrik. Jika jumlah ion meningkat, maka aliran arus didalam larutan juga meningkat (Kuswandi,2001).

Elektroda adalah penghantar arus listrik yang biasanya terdiri dari zat padat atau bisa disebut juga suatu sistem dua fase yang terdiri dari sebuah penghantar elektrolit (misalnya logam) dan sebuah penghantar ionik (larutan) (Rivai,1995). Elektroda dibagi menjadi dua (2) yaitu:

a. Anoda

Anoda adalah elektroda tempat terjadinya reaksi oksidasi zat kimia. Pada elektrolisis anoda bermuatan positif.

b. Katoda

Katoda adalah elektroda tempat terjadinya reduksi zat kimia. Pada sel elektrolisis katoda bermuatan negatif (Dogra,1990).

2.3. Gaya Gerak Listrik (Electromotif Force)

Gaya gerak listrik bisa juga disebut dengan beda potensial, satuan dari gaya gerak listrik adalah volt (Yoder dkk. 1975). Ketentuan dalam gaya gerak listrik dalam sel elektrokimia adalah:

a. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi sedangkan pada katoda terjadi reaksi reduksi.

b.Gaya gerak listrik sel standar dinyatakan sebagai potensial standar elektroda yang dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

Emf = E katoda - E anoda (2.4)

c. Jika nilai dari gaya gerak listrik adalah positif maka termasuk elektrokimia jenis sel galvanik yang reaksinya berlangsung secara spontan sebaliknya Jika nilai dari gaya gerak listrik adalah negatif termasuk elektrokimia jenis sel elektrolisis yang reaksinya berlangsung secara tidak spontan (Dogra, 1990).

Gaya gerak listrik dalam elektrolisis berkaitan dengan overpotensial. Overpotensial dalam reaksi elektrolisis ini menyebabkan tegangan kerja jauh lebih besar daripada tegangan kesetimbangan karena kesetimbangan dalam sistem elektrokimia tidak statis karena terdapat ion logam tereduksi serta atom logam yang terionisasi. Overpotensial disebabkan oleh sifat dan struktur permukaan elektroda, sifat ion-ion, komposisi dan kemurnian elektrolit, temperatur serta rapat arus. (Hartomo dkk, 1995). ada 2 jenis overpotensial, yaitu: *Overpotensial* konsentrasi dan *Overpotensial* aktivasi.

Overpotensial konsentrasi terjadi akibat ketidakseragaman konsentrasi elektrolit sehingga menyebabkan laju difusi menjadi lambat. Lapisan antar muka larutan elektrolit yang tidak seragam jika dilakukan pengadukan akan membantu tercampurnya lapisan tersebut.

Overpotensial aktivasi merupakan overpotensial yang dibutuhkan untuk mencapai energi aktivasi dari proses reaksi sehingga reaksi dapat berjalan. Besarnya overpotensial aktivasi tergantung dari sifat kimia dari bahan elektroda, wujud fisiknya, temperatur dan laju reaksi (Day dkk, 2001).

2.4. Reaksi oksidasi reduksi

Oksidasi adalah proses pelepasan/kehilangan elektron dari suatu zat untuk meningkatkan bilangan oksidasinya atau lebih positif sedangkan reduksi adalah proses penangkapan/ pengambilan elektron oleh suatu zat untuk menurunkan bilangan oksidasinya atau lebih negatif. Proses oksidasi yang melepaskan elektron akan merubah zat menjadi bentuk teroksidasinya, karena itu zat bertindak sebagai zat pereduksi sebaliknya zat pengoksidasi adalah zat yang menerima elektron sehingga zat tersebut mengalami reduksi. Bentuk

teroksidasi dan bentuk tereduksi dari suatu zat merupakan suatu zat berpasangan yang disebut sistem redoks. Bentuk teroksidasi sering ditandai dengan "ox" dan bentuk tereduksi ditandai dengan "red". Kesetimbangan reaksinya ditulis sebagai berikut:

ox + ne = red (proses reduksi) (2.5)

'ne' adalah jumlah elektron yang dilepaskan atau diterima (Rivai, 1995). Konsep dari oksidasi-reduksi berdasarkan atas struktur atom dan perpindahan elektron adalah jika sebuah atom, molekul, atau ion dikatakan mengalami oksidasi maka atom, molekul, atau ion tersebut akan melepaskan sebuah elektron dan dikatakan reduksi ketika atom, molekul, atau ion tersebut mengambil sebuah elektron. (Sawyer, 2003). misalnya O_{X1} direduksi ke Red_1 dan Red_2 dioksidasi ke O_{X2} seperti pada persamaan berikut

$$O_{X1} + Red_2 \rightleftharpoons O_{X2} + Red_1 \quad (2.7)$$

O_{X1} disebut zat pengoksidasi dan Red_2 disebut zat pereduksi, kecenderungan senyawa untuk mengalami reduksi maupun oksidasi bergantung dari nilai potensial reduksinya, dimana semakin positif nilai potensial reduksinya maka semakin mudah zat tersebut tereduksi atau semakin kuat zat tersebut mengoksidasi zat lain

(zat pengoksidasi). Zat pengoksidasi ini cenderung akan mengambil elektron dan tereduksi seperti persamaan berikut

$M^{a+} + n_1e^- \rightarrow M^{(a-n)+}$ (2.8)

sebaliknya zat pereduksi akan cenderung untuk memberikan elektron dan teroksidasi seperti persamaan berikut

$M^{a+} \rightarrow M^{(a+n)+} + n_2e^-$ (2.9)

kedua persamaan diatas disebut reaksi setengah sel redoks, konsep ini artinya bahwa dua sistem redoks diperlukan agar suatu proses oksidasi reduksi dapat terjadi dengan keikutsertaan elektron dalam persamaan reaksi tersebut. Elektron bebas tidak bisa berada dalam larutan karena ukurannya sangat kecil dan bermuatan negatif oleh karena itulah proses oksidasi harus berpasangan dengan proses reduksi agar berlangsung reaksi redoks, syaratnya jumlah elektron yang dilepaskan harus sama dengan jumlah elektron yang diterima. Akibatnya setiap reaksi redoks merupakan proses pertukaran elektron antara dua pasangan redoks (Rivai, 1995). Reaksi oksidasi berperan banyak dalam kehidupan kita sehari-hari. Contohnya pembakaran minyak bumi dan cairan pemutih yang digunakan dalam

rumah tangga. Selain itu, reaksi redoks juga bisa digunakan untuk memperoleh bijih dari unsur logam dan nonlogam. (Chang, 2003).

Istlah "oksidasi" pada awalnya digunakan oleh kimiawan untuk menjelaskan kombinasi unsur dengan oksigen. Namun, istilah tersebut sekarang memiliki arti yang lebih luas, termasuk untuk reaksi-reaksi yang tidak melibatkan oksigen. Reaksi setengah-sel yang melibatkan penangkapan elektron disebut reaksi reduksi (*reduction reaction*). Tingkat oksidasi dalam reaksi redoks harus sama dengan tingkat reduksinya, yaitu jumlah elektron yang hilang oleh zat pereduksi harus sama dengan jumlah elektron yang diterima oleh zat pengoksidasi. Suatu jenis reaksi redoks yang umum adalah reaksi antara logam dengan asam, dituliskan sebagai :

Logam + Asam → Garam + Molekul Hidrogen

$Fe_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow FeCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$ (2.10)

$Zn_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$ (2.11)

$Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$ (2.12)

Reaksi-reaksi tersebut menunjukkan logam bertindak sebagai zat pereduksi dengan cara memindahkan dua elektron kepada ion-ion H^+ yang

berasal dari HCl. Dalam kasus besi, reaksi setengah-selnya adalah :

$Fe_{(s)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ (2.13)

$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$ (2.14)

Dan dapat dituliskan persamaan reaksi keseluruhan sebagai persamaan ionik total :

$Fe_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$ (2.15)

(Chang, 2003)

Potensial reduksi standar untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Potensial reduksi standart (Murry, 2001).

Setengah reaksi	E^0 (v)
$2HOCl_{(aq)}+2H^+_{(aq)}+2e^- \rightleftharpoons Cl_{2(g)}+2H_2O_{(l)}$	+1,63
$Cl_{2(g)}+2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-_{(aq)}$	+1,36
$O_{2(g)}+4H^++4e^- \rightleftharpoons 2H_2O_{(l)}$	+1,23
$2H^+_{(aq)}+2e^- \rightleftharpoons H_{2(g)}$	0
$2H_2O_{(l)}+2e^- \rightleftharpoons H_{2(g)}+2OH_{(aq)}$	-0,83
$Mg_{(aq)}+2e^- \rightleftharpoons Mg_{(s)}$	-2,37
$Na_{(aq)}+e^- \rightleftharpoons Na_{(s)}$	-2,71
$Ca_{(aq)}+2e^- \rightleftharpoons Ca_{(s)}$	-2,76
$K_{(aq)}+e^- \rightleftharpoons K_{(s)}$	-2,92

Data potensial reduksi standar pada Tabel 2.5 menunjukkan kekuatan suatu zat sebagai oksidator (zat tereduksi). E^0 adalah potensial standar reduksi standar, atau voltase yang berkaitan dengan reaksi reduksi pada satu elektroda ketika semua zat terlarut 1 M pada tekanan gas 1 atm. Jadi, potensial reduksi standar dari elektroda hidrogen ditetapkan bernilai nol (Chang, 2004). Tabel 2.5 yang menyediakan potensial reduksi dapat digunakan untuk menentukan zat oksidator dan zat reduktor. Setiap zat yang ada sebelah kiri anak panah berfungsi sebagai oksidator apabila terjadi suatu reaksi reduksi. Setiap setengah reaksi yang ada dalam Tabel 2.5 merupakan reaksi bolak-balik, misalnya H_2 dioksidasi menjadi H^+ dan H^+direduksi menjadi H_2. Pada Tabel 2.5 zat sebelah kanan berfungsi sebagai reduktor yang telah dioksidasi dan untuk menemukan kombinasi reaksi oksidasi-reduksi contohnya:

$Cr^{3+}{}_{(aq)} + 3e^- \rightleftharpoons Cr(s)$ E0 = -0,74V (2.16)

$Zn^{2+}{}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s)$ E0 = -0,76V (2.17)

Unsur Cr^{3+} lebih mudah direduksi daripada Zn^{2+}Jadi, Cr^{3+}direduksi dan setengah reaksi seng dioksidasi. Untuk mendapatkan reaksi sel harus mengombinasikan

setengah reaksi dimana jumlah elektron yang diperoleh sama dengan jumlah elektron yang hilang (Brady, 2008).

2.5. Hukum Faraday

Penelitian Michael Faraday menunjukan hubungan kuantitatif antara jumlah zat yang bereaksi di katoda dan anoda maupun muatan listrik total yang melewati sel. Hukum Faraday dinyatakan sebagai berikut:

- Massa zat tertentu yang dihasilkan atau dipakai pada suatu elektroda berbanding lurus dengan jumlah muatan listrik yang melalui sel.
- Massa ekivalen zat yang berbeda dihasilkan dari elektroda yang mengalirkan muatan listrik melalui sel.

Muatan untuk sebuah elektron tunggal (dinyatakan dalam coulomb) sebesar:

$$e = 1{,}6021773 \times 10^{-19}\ C \qquad (2.18)$$

sehingga jumlah muatan yang ditunjukkan oleh 1 mol elektron adalah

$$Q = (6{,}022137 \times 10^{23}\ mol^{-1})\ (1{,}602177 \times 10^{-19}\ C)$$

$$= 96485{,}31\ C\ mol^{-1} \qquad (2.19)$$

Jumlah muatan ini disebut tetapan faraday :

$$F = 96485{,}31\ C\ mol^{-1} \qquad (2.20)$$

Arus listrik adalah jumlah muatan yang mengalir melalui sebuah rangkaian per satuan waktu. Jika *Q* adalah besarnya muatan dalam coulomb dan t adalah waktu dalam detik yang diperlukan untuk melalui sebuah titik dalam rangkaian, maka arus *I* adalah

$$I = \frac{Q}{t} \qquad (2.21)$$

Di mana satuan untuk *I* adalah amper (A) atau coulomb per detik . Arus *I* amper yang lewat selang *t* detik menyebabkan *It* coulomb muatan melewati rangkaian. Jumlah elektron, dalam mol, adalah

$$\frac{It}{96485{,}31\ C\ mol^{-1}} = \text{mol elektron} \qquad (2.22)$$

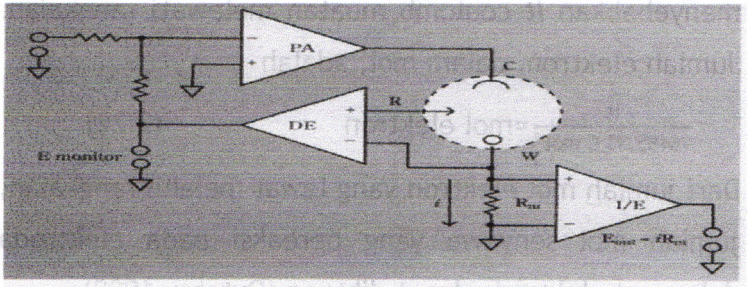
Dari jumlah mol elektron yang lewat melalui rangkaian, jumlah mol senyawa yang bereaksi pada elektroda dalam sel elektroda dapat dihtung (Oxtoby, 1998).

2.6.Potensiostat

Potensiostat adalah alat elektronik yang digunakan untuk mengukur perbedaan potensial pada elektrokimia. Potensiostat sering digunakan dalam studi elektrokimia modern dengan menggunakan tiga sistem elektroda untuk penelitian yang terkait dengan mekanisme reaksi redoks.

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

Potensiostat merupakan komponen dasar dari sistem elektroanalitik. Jenis yang paling banyak digunakan saat ini adalah potensiostat yang dirakit dari sirkuit terintegrasi diskrit penguat operasional dan modul digital lainnya. Keuntungan dari penggunaan potensiostat menurut Pruneanu (2001) antara lain waktu yang dibutuhkan untuk proses data lebih cepat, data yang terekam lebih banyak, dan lebih mudah dalam mengoperasikannya. Skema alat potensiostat dapat dilihat di gambar 2.1 dibawah ini



Gambar 2.1. Skema alat potensiostat (Wang, 2006)

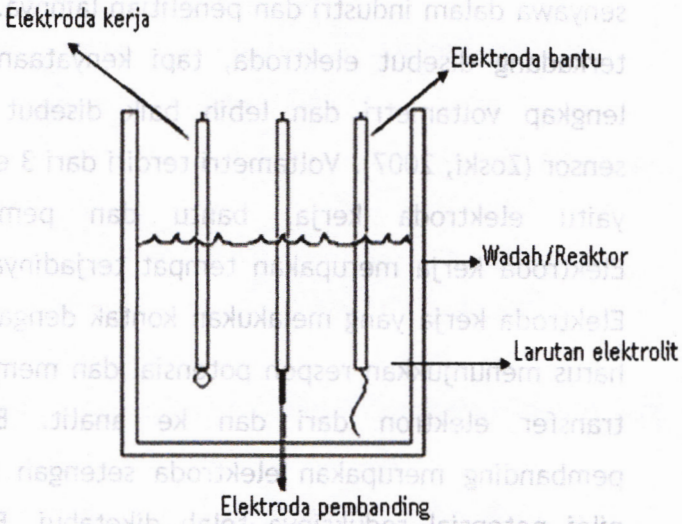
keterangan gambar
PA : Power amplifier (pengatur arus)
DE : Differential electrometer
C : Counter electrode (elektroda bantu)
R : Reference electrode (elektroda banding)
W : Working electrode (elektroda kerja)

2.7. Voltametri

Metode voltametri memberikan informasi tentang analit berupa hasil pengukuran arus listrik sebagai variasi potensial. Metode voltametri juga dapat meneliti reaktivitas setengah sel suatu analit. Sensor voltametri merupakan sejumlah sistem voltametri yang diproduksi komersial untuk penentuan spesifikasi senyawa dalam industri dan penelitian lainnya. Alat ini terkadang disebut elektroda, tapi kenyataannya, sel lengkap voltametri dan lebih baik disebut sebagai sensor (Zoski, 2007). Voltametri terdiri dari 3 elektroda yaitu elektroda kerja, bantu dan pembanding. Elektroda kerja merupakan tempat terjadinya reaksi. Elektroda kerja yang melakukan kontak dengan analit, harus menunjukkan respon potensial dan memfasilitasi transfer elektron dari dan ke analit. Elektroda pembanding merupakan elektroda setengah sel yang nilai potensial reduksinya telah diketahui. Elektroda setengah sel ini pada prinsipnya harus dapat mengetahui potensial dengan mengukur potensial pada elektroda kerja, selanjutnya disetimbangkan dengan penambahan elektron atau pengurangan elektron pada elektroda kerja. dibutuhkan penyuplai elektron yang diposisikan di antara dua elektroda tersebut, yaitu

elektroda bantu. Elektroda bantu merupakan elektroda ketiga yang berfungsi melewatkan semua arus yang dibutuhkan untuk menyeimbangkan arus pada elektroda kerja.(Kounaves, 1987).

Skema alat voltametri dapat dilihat di gambar 2.2 berikut ini



Gambar 2.2. Skema alat voltametri siklik (Scoot, 2010)

BAB III
METODOLOGI

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

Pada penelitian ini dibuat elektroda dari grafit yang dicampur lem silikon dengan variasi jumlah lem silikon dan grafit. Variasi yang digunakan pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan resistansi elektroda, daya tahan elektroda, dan pengurangan kadar Cl^- yang dihasilkan dari masing-masing elektroda pada elektrolisis larutan NaCl.

3.1. Alat dan Bahan

3.1.1. Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain reaktor elektrolisis, potensiostat, adaptor, stop watch, multimeter, pH meter, neraca analitik, statif, kabel penghantar listrik, penjepit buaya, serta beberapa peralatan gelas seperti gelas ukur, labu ukur, erlenmeyer, cawan, gelas beaker, spatula, pipet ukur, dan pipet tetes.

3.1.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain garam kotor (NaCl), aquademin, kalium

kromat (K_2CrO_4), perak nitrat ($AgNO_3$), dan serbuk pensil 8B, lem silikon.

3.2. Prosedur

3.2.1. Pembuatan Larutan NaCl 1 M, 3 M dan 5 M

Larutan elektrolit dibuat dari garam kotor (NaCl) yang telah direkristalisasi. Garam kotor dilarutkan dengan aquades. Larutan tersebut disaring dengan kertas saring. Kemudian filtrat yang telah tersaring dipanaskan dengan menggunakan cawan sampai terbentuk kristal garam. Selanjutnya kristal garam dioven untuk menghilangkan kadar air yang masih terkandung di dalamnya hingga massanya stabil. Kristal garam yang terbentuk digunakan untuk membuat larutan NaCl dengan konsentrasi 1M dibuat dengan cara kristal garam diambil 2,925 gram dilarutkan dalam labu ukur 50 ml, konsentrasi NaCl 3M dibuat dengan cara kristal garam diambil 8,775 gram dilarutkan dalam labu ukur 50 ml, dan konsentrasi NaCl 5 M dibuat dengan cara kristal garam diambil 14,625 gram dilarutkan dalam labu ukur 50 ml.

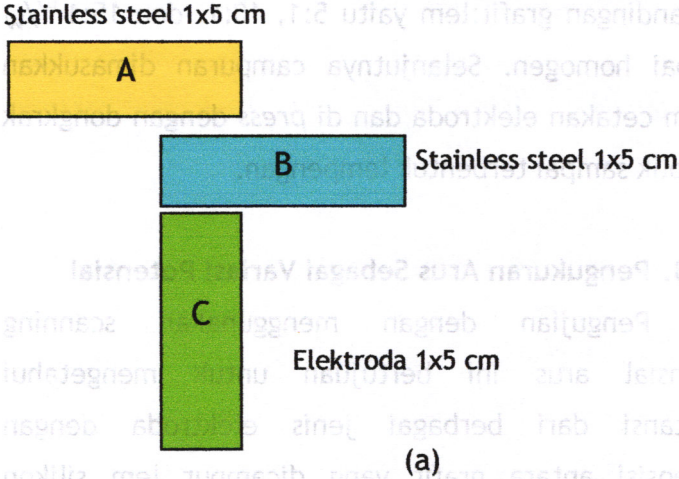
3.2.2. Preparasi Elektroda Grafit dan Lem silikon

Penelitian ini menggunakan elektroda yang terbuat dari campuran antara karbon dan lem silikon dengan variasi komposisi tertentu sebagai anoda dan grafit batang yang berasal dari pensil *Staedler* 8B sebagai katoda. Masing-masing elektroda mempunyai ukuran yang berbeda-beda. Anoda memiliki ukuran panjang 5 cm dan lebar 1 cm sedangkan katoda memiliki panjang 8 cm dan diameter 0,5 cm dari batangan pensil *Staedler* 8B. Anoda dibuat dengan cara menghaluskan pensil *Staedler* 8B. Kemudian grafit sebanyak 2,48 gram ditambahkan lem silikon sebanyak 0,16 gram; 0,248 gram dan 0,496 gram untuk perbandingan grafit:lem yaitu 5:1, 10:1, dan 15:1 $^{w}/_{w}$ sampai homogen. Selanjutnya campuran dimasukkan dalam cetakan elektroda dan di *press* dengan dongkrak hodrolik sampai terbentuk lempengan.

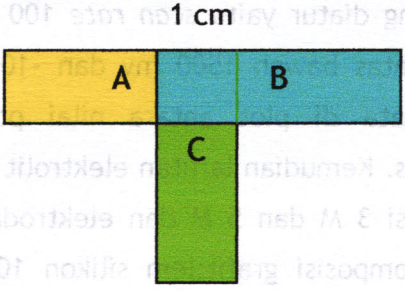
3.2.3. Pengukuran Arus Sebagai Variasi Potensial

Pengujian dengan menggunakan scanning potensial arus ini bertujuan untuk mengetahui resistansi dari berbagai jenis elektroda dengan komposisi antara grafit yang dicampur lem silikon

dengan perbandingan 15:1, 10:1 dan 5:1 $^{w}/_{w}$. Elektoda Karbon dengan komposisi antara grafit yang dicampur lem silikon dengan perbandingan 15:1 $^{w}/_{w}$ dijepit dengan penjepit kayu dengan luas area jepit 1x1 cm, diberi lapisan *stainless steel* di atasnya (Gambar 3.1 b) agar elektroda tidak rapuh lalu dihubungkan ke potensiostat. Penjepit buaya di potensiostat dijepitkan di kedua sisi lapisan *stainless steel* tersebut. Parameter yang diatur yaitu rentang 100 mA, *scan rate* 100 mv/s batas bawah 0 batas atas 1000. Data yang dihasilkan nilai potensial sebagai fungsi arus diplot. Elektroda diganti dengan komposisi 10:1 dan 5:1 $^{w}/_{w}$. Skema alat lebih jelasnya terdapat di gambar 3.1 berikut ini



(a)



(b)

Gambar 3.1 : a. Potongan lempengan elektroda dan Stainless steel yang belum dirangkai
b. Elektroda berada di antara lempeng Stainless steel

3.2.4. Voltametri Siklik

Larutan NaCl 1 M dimasukkan ke dalam wadah reaktor. Semua elektroda disambungkan dengan Ag/AgCl sebagai elektroda pembanding, Pt sebagai elektoda bantu, dan karbon dengan komposisi antara grafit yang dicampur lem silikon dengan perbandingan 15:1, 10:1 dan 5:1 sebagai elektroda kerja. Elektroda tersebut dijepit dengan penjepit buaya yang ada pada potensiostat *Edaq* sesuai dengan fungsi dari masing-masing elektroda dan elektroda dengan komposisi grafit dan lem 5:1 dimasukkan seluas 1x1 cm pada reaktor yang berisi larutan elektrolit NaCl dengan konsentrasi

1M Parameter yang diatur yaitu *scan rate* 100 m v/s, batas atas dan batas bawah 1500 mv dan -1000 mv. Hasil keluaran data di plot antara nilai potensial sebagai fungsi arus. Kemudian larutan elektrolit diganti dengan konsentrasi 3 M dan 5 M dan elektroda kerja diganti dengan komposisi grafit:lem silikon 10:1 dan 15:1.

3.2.5. Proses Elektrolisis untuk Penentuan Kadar Ion Klorida

Proses elektrolisis dilakukan pada reaktor yang terbuat dari kaca dengan ukuran panjang 9 cm, lebar 5 cm, dan tinggi 7 cm. Reaktor ini berbentuk seperti balok yang dilengkapi dengan lubang pada masing-masing sisi di bagian atasnya. Lubang pada sisi kanan digunakan sebagai tempat anoda (lempeng grafit) sedangkan pada sisi kiri digunakan sebagai tempat katoda (batang grafit berbentuk silinder). Elektroda yang telah terpasang pada reaktor dialiri arus listrik yang berasal dari adaptor dengan tegangan 6 V dan konsentrasi larutan elektrolit 5 M sebanyak 150 mL. Proses elektrolisis dijalankan selama 100 menit dan dilakukan pengamatan terhadap perubahan arus tiap 10 menit sekali.

Larutan hasil elektrolisis diambil 0,5 ml lalu diencerkan sampai 250 ml. Kemudian larutan diambil 25 ml dan ditambahkan HCl dan NaOH agar pH nya netral. Selanjutnya larutan ditambahkan 1 ml indikator K_2CrO_4 dan dititrasi dengan $AgNO_3$. Lalu untuk langkah dalam penentuan kadar Cl sebelum dilektrolisis maka larutan NaCl dengan konsentrasi 5 M diambil 0,5 ml lalu diencerkan sampai 250 ml diambil 25 ml untuk dititrasi dengan $AgNO_3$. Selain itu untuk langkah-langkah dalam titrasi blangko yaitu 250 aquades diambil 25 ml diatur pH supaya netral kemudian 1 ml indikator K_2CrO_4 ditambahkan kemudian dititrasi dengan $AgNO_3$

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV
HASIL DATA DAN PEMBAHASAN

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

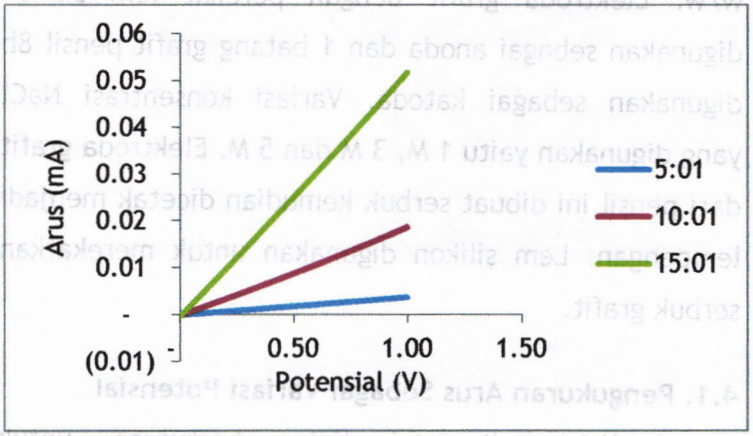
Elektroda yang digunakan dalam proses elektrolsis ini adalah lempengan grafit berukuran 1x5 cm dan tebal 0,2 cm. Elektroda dibuat dari campuran grafit dengan lem silikon dengan perbandingan 5:1, 10:1 dan 15:1 w/w. Elektroda grafit dengan perekat lem silikon digunakan sebagai anoda dan 1 batang grafit pensil 8b digunakan sebagai katoda. Variasi konsentrasi NaCl yang digunakan yaitu 1 M, 3 M dan 5 M. Elektroda grafit dari pensil ini dibuat serbuk kemudian dicetak menjadi lempengan. Lem silikon digunakan untuk merekatkan serbuk grafit.

4.1. Pengukuran Arus Sebagai Variasi Potensial

Analisis voltametri linier bertujuan untuk mengukur arus sebagai fungsi potensial yang dapat digunakan untuk menentukan besarnya resistansi dari tiap-tiap elektroda yang digunakan. Karbon+lem silikon dengan variasi komposisi 5:1, 10:1 dan 15:1 $^{w}/_{w}$ berfungsi sebagai elektroda. *Scan rate* yang digunakan adalah 100 mv/s. Nilai hambatan didapatkan dari satu

per besarnya *slope* yang dihasilkan dari garis linier tersebut. Nilai arus sebagai fungsi potensial yang dihasilkan dari voltamogram linier ditunjukkan pada gambar 4.1. Nilai gradien atau *slope* kemudian dikonversi menjadi resistansi seperti pada persamaan 4.1

$$E = I \cdot R \text{ maka } R = \frac{E}{I} = \frac{dE}{dI} = \frac{1}{\text{slope}} \qquad (4.1)$$



Gambar 4.1 : Nilai arus sebagai fungsi potensial pada variasi komposisi perbandingan elektroda grafit+lem silikon

Tabel 4.1: Nilai resistansi pada variasi komposisi perbandingan elektroda grafit+lem silikon

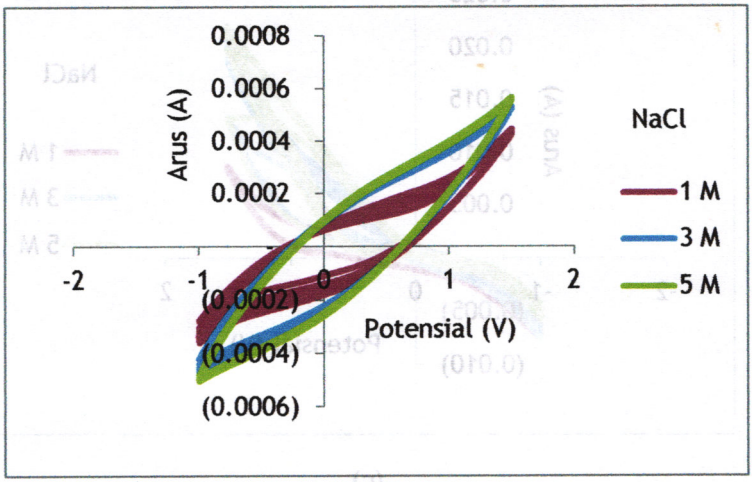
Rasio grafit:lem (w/w)	Persamaan linier	Slope (I/V)	Resistansi (Ω/cm^2)
5:1	0.0038x - 0.00009	0.0038	263.15
10:1	0.0187x - 0.00040	0.0187	53.47
15:1	0.0521x - 0.00070	0.0521	19.90

Pada komposisi grafit : lem = 5:1 $^{W}/_{W}$ memberikan nilai resistansi sebesar 263,15 Ω. Pada komposisi grafit : lem = 10:1 $^{W}/_{W}$ memberikan nilai resistansi 53,47 Ω dan pada komposisi grafit : lem = 15:1 $^{W}/_{W}$ memberikan nilai resistansi sebesar 19,19 Ω. Dari data di atas terlihat bahwa faktor banyaknya grafit yang digunakan berpengaruh pada resistansi yang dihasilkan dari masing-masing elektroda. Elektroda yang komposisi antara grafit dan lem seperti komposisi 5:1 $^{W}/_{W}$ menghasilkan resistansi yang lebih besar dan arus yang lebih kecil dibanding komposisi yang lain begitu juga sebaliknya elektroda yang komposisi antara grafit dan lem seperti 15:1 $^{W}/_{W}$ menghasilkan resistansi yang lebih kecil dan arus yang lebih besar. Pemberian agen perekat bisa memberikan daya adesi yang lebih baik dan memberikan daya ikat yang lebih kuat sehingga elektroda dari grafit pensil tidak cepat rusak dan rontok (Liang Z.X, 2006). Disimpulkan bahwa semakin banyak grafit pada campuran elektroda maka arus yang dapat dilewatkan semakin besar dan resistansinya semakin kecil begitu juga sebaliknya.

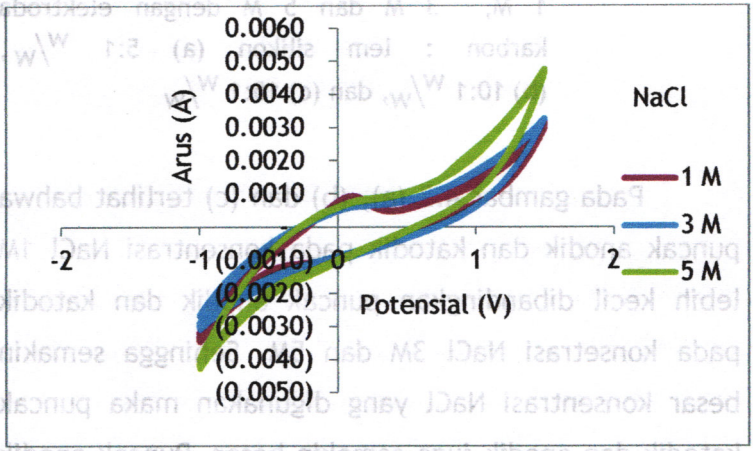
4.2. Analisis Menggunakan Metode Voltametri Siklis

Analisis voltametri siklis bertujuan untuk mengetahui kestabilan dari masing-masing elektroda yang dibuat dari grafit dan lem silikon. Ag/AgCl digunakan sebagai elektroda pembanding, Pt digunakan sebagai elektroda bantu sedangkan elektroda karbon yang dibuat pada percobaan ini digunakan sebagai elektroda kerja.

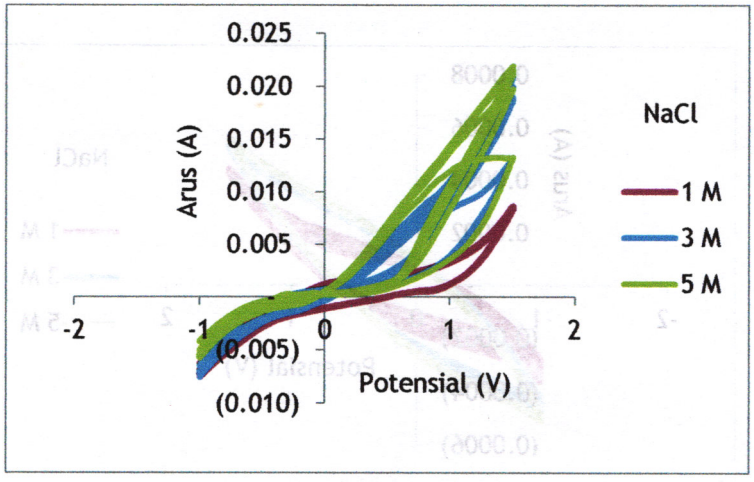
Uji voltametri siklis dilakukan dengan konsentrasi NaCl 1 M, 3 M dan 5 M dan elektroda karbon dengan rasio grafit : lem silikon = 5:1, 10:1, 15:1 $^{W}/_{W}$. Voltamogram yang dihasilkan ditampilkan pada gambar 4.2. (a), 4.2. (b) dan gambar 4.2 (c).


0.0008
0.0006
0.0004
0.0002
Arus (A)
-2
-1
0
1
2
(0.0002)
(0.0004)
(0.0006)
Potensial (V)
NaCl
1 M
3 M
5 M

(a)


0.0060
0.0050
0.0040
0.0030
0.0020
0.0010
Arus (A)
-2
-1
0
1
2
(0.0010)
(0.0020)
(0.0030)
(0.0040)
(0.0050)
Potensial (V)
NaCl
1 M
3 M
5 M

(b)

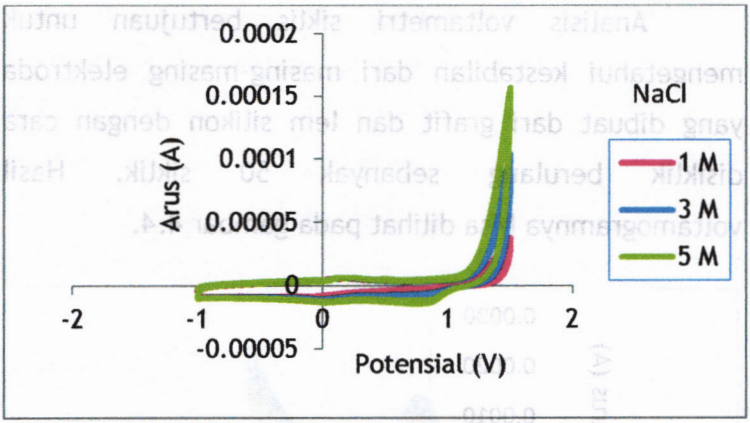


(c)

Gambar 4.2: Voltamogram siklis untuk elektrolisis NaCl 1 M, 3 M dan 5 M dengan elektroda karbon : lem silikon (a) 5:1 $^{w}/_{w}$, (b) 10:1 $^{w}/_{w}$, dan (c) 15:1 $^{w}/_{w}$

Pada gambar 4.2 (a), (b) dan (c) terlihat bahwa puncak anodik dan katodik pada konsentrasi NaCl 1M lebih kecil dibandingkan puncak anodik dan katodik pada konsetrasi NaCl 3M dan 5M. Sehingga semakin besar konsentrasi NaCl yang digunakan maka puncak katodik dan anodik juga semakin besar. Puncak anodik dan katodik paling besar dimiliki oleh elektroda dengan komposisi grafit:lem = 15:1 $^{w}/_{w}$.

Grafik voltamogram dengan elektroda grafit komersil dari EDAQ disajikan pada gambar 4.3.

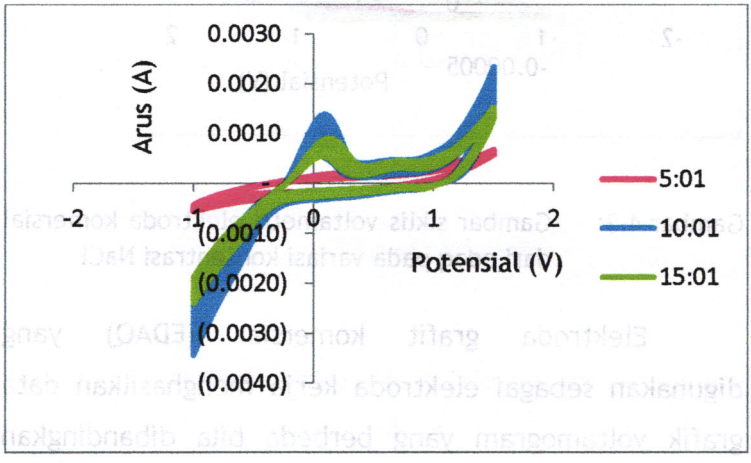


Gambar 4.3: Gambar siklis voltametri elektroda komersial dari edaq pada variasi konsentrasi NaCl

Elektroda grafit komersial (EDAQ) yang digunakan sebagai elektroda kerja menghasilkan data grafik voltamogram yang berbeda bila dibandingkan dengan grafik yang menggunakan grafit komposit buatan, namun hasilnya mirip dengan grafit elektroda yang komposisinya 15:1 $^{w}/_{w}$. Kestabilan elektroda grafit (EDAQ) hampir sama dengan yang dimiliki oleh elektroda dengan komposisi 15:1 $^{w}/_{w}$, yaitu arus yang dihasilkan kecil walaupun dengan konsentrasi larutan

elektrolit yang berbeda. Selanjutnya elektroda digunakan untuk analisis dengan voltametri siklis.

Analisis voltametri siklis bertujuan untuk mengetahui kestabilan dari masing-masing elektroda yang dibuat dari grafit dan lem silikon dengan cara disiklik berulang sebanyak 50 siklik. Hasil voltamogramnya bisa dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 : Voltamogram untuk elektrolisis NaCl 5 M dengan elektroda karbon : lem silikon 5:1, 10:1 dan 15:1 $^{w}/_{w}$

Pengujian dengan 50 siklis ini dilakukan dengan konsentrasi larutan elektrolit 5 M. Hasil ini menunjukan bahwa elektroda dengan variasi komposisi yaitu 5:1

10:1 dan 15:1 $^{w}/_{w}$ stabil terhadap pengujian menggunakan voltametri siklis berulang sampai 50 siklis. Setelah dielektrolisis dengan voltametri siklis sebanyak 50 siklis ternyata elektroda karbon+lem silikon ini tidak rusak dan masih bisa digunakan lagi untuk elektrolisis. Elektroda stabil terhadap perubahan potensial, terlihat dari tidak adanya voltamogram yang berubah secara signifikan walaupun dilakukan siklis pada konsentrasi tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Scorupa, 2010 bahwa elektroda karbon mempunyai kemampuan yang baik dalam menghantarkan arus listrik, puncak anodik yang dihasilkan stabil pada elektrolisis menggunakan asam asetat glasial.

Gambar elektroda yang tidak rusak dapat dilihat di lampiran D.

4.4. Elektrolisis Larutan NaCl dengan Elektroda Grafit: Lem Silikon

Pada penelitian ini diukur perubahan arus yang terjadi selama proses elektrolisis larutan NaCl dari awal sampai akhir. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Bursell, 2006 menghasilkan arus yang konstan

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

sebesar 0,3 μA per cm^2 elektroda yang bereaksi dengan larutan elektrolit NaCl dengan konsentrasi 4,8 M. Elektrolisis pada penelitian ini dilakukan pada tegangan 6 volt dan konsentrasi NaCl 5 M. Lempeng elektroda grafit : lem silikon digunakan sebagai anoda dan batangan grafit pensil digunakan sebagai katoda. Lempeng elektroda yang dicelupkan dalam elektrolit sekitar 1 cm^2. Pengukuran arus dilakukan setiap 10 menit selama 100 menit. Kadar Cl diperoleh dengan cara titrasi argentometri dari larutan NaCl sebelum dan setelah elektrolisis. Lempeng elektroda grafit dengan variasi komposisi 5:1, 10:1 dan 15:1 $^{w}/_{w}$ dijadikan sebagai anoda yang bermuatan positif dan terjadi reaksi oksidasi klorida seperti reaksi berikut:

$$2Cl^-_{(l)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e \qquad (4.2)$$

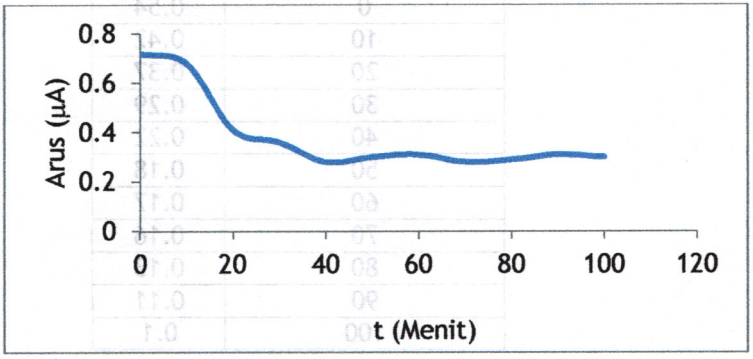
serta reaksi oksidasi air menjadi O_2 seperti reaksi berikut:

$$2H_2O \rightarrow 4H^+ + O_2 + 4e \qquad (4.3)$$

namun Cl^- lebih mudah teroksidasi dibandingkan air karena potensial sel dari klorida lebih kecil daripada air.

Tabel 4.2: Arus sebagai fungsi waktu pada elektrolisis dengan elektroda grafit : lem = 15 : 1 $^{w}/_{w}$

Waktu (menit)	Arus (μA)
0	0,76
10	0,68
20	0,41
30	0,36
40	0,28
50	0,3
60	0,31
70	0,28
80	0,29
90	0,31
100	0,3



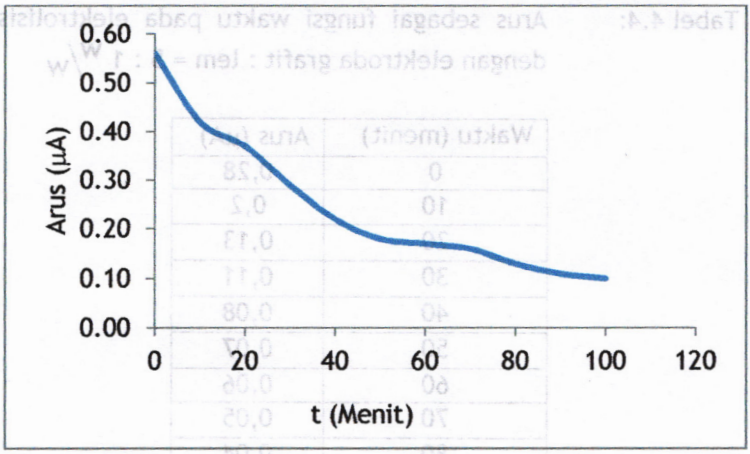
Gambar 4.5: Grafik arus sebagai fungsi waktu pada elektrolisis larutan garam jenuh 5 M, elektroda grafit+lem 15:1 $^{w}/_{w}$

Dari tabel 4.2 dan gambar 4.5 diatas terlihat arus yang semakin menurun sejalan dengan waktu elektrolisis. Hal ini disebabkan karena daya hantar elektrolit pada larutan NaCl semakin menurun akibat terjadinya reaksi oksidasi Cl^- membentuk Cl_2

Elektroda dengan komposisi 10:1 dielektrolisis selama 100 menit dan perubahan arus selama 10 menit dicatat seperti pada tabel 4.3 dan gambar 4.6

Tabel 4.3: Arus sebagai fungsi waktu pada elektrolisis dengan elektroda grafit : lem = 10 : 1 $^{W}/_{W}$

Waktu (menit)	Arus (μA)
0	0.54
10	0.42
20	0.37
30	0.29
40	0.22
50	0.18
60	0.17
70	0.16
80	0.13
90	0.11
100	0.1



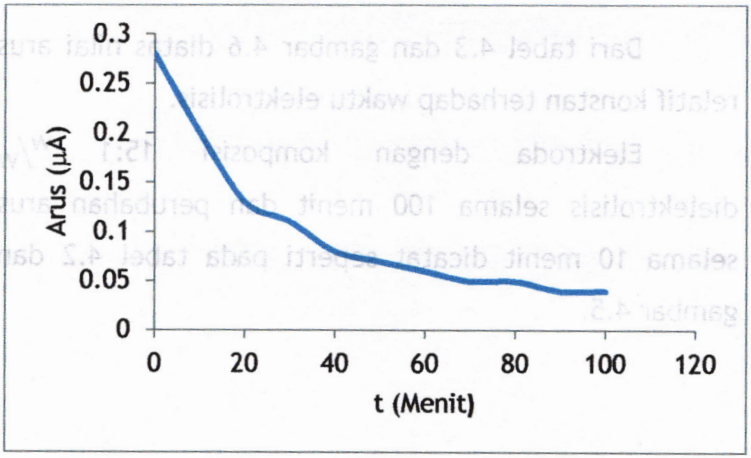
Gambar 4.6: Grafik arus sebagai fungsi waktu pada elektrolisis larutan garam jenuh 5 M, elektroda grafit+lem 10:1 $^{W}/_{W}$

Dari tabel 4.3 dan gambar 4.6 diatas nilai arus relatif konstan terhadap waktu elektrolisis.

Elektroda dengan komposisi 15:1 $^{W}/_{W}$ dielektrolisis selama 100 menit dan perubahan arus selama 10 menit dicatat seperti pada tabel 4.2 dan gambar 4.5.

Tabel 4.4: Arus sebagai fungsi waktu pada elektrolisis dengan elektroda grafit : lem = 5 : 1 $^{W}/_{W}$

Waktu (menit)	Arus (μA)
0	0,28
10	0,2
20	0,13
30	0,11
40	0,08
50	0,07
60	0,06
70	0,05
80	0,04
90	0,04
100	0,05



Gambar 4.7: Grafik arus sebagai fungsi waktu pada elektrolisis larutan garam jenuh 5 M, elektroda grafit+lem 5: 1 $^{W}/_{W}$

Dari tabel 4.4 dan gambar 4.7 diatas terlihat bahwa semakin lama waktu elektrolisis arus yang dihasilkan semakin mengecil untuk karbon dengan komposisi 15:1 $^{w}/_{w}$ hal ini disebabkan oleh daya hantar elektrolit semakin berkurang seiring dengan berjalannya reaksi elektrolisis jadi semakin lama waktu elektrolisis besarnya arus yang dihasilkan semakin kecil.

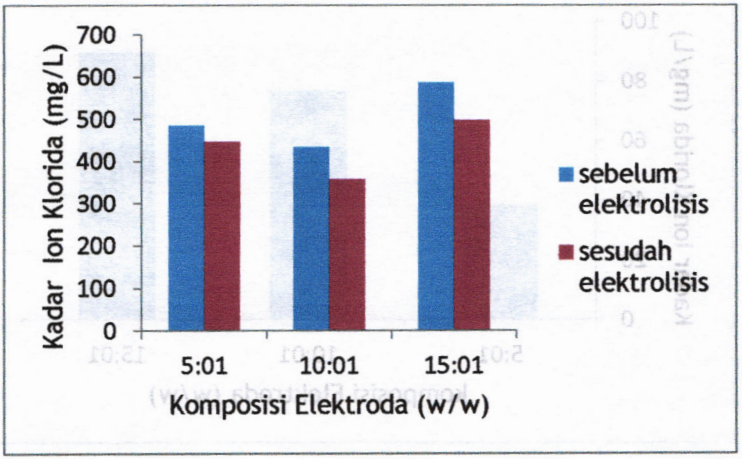
4.4.1. Pengurangan Cl^- dari masing-masing elektroda

Pengukuran kadar ion klorida pada elektrolisis larutan NaCl ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari masing-masing elektroda dalam mengoksidasi klorida menjadi gas klorin. Kadar klorida didapatkan dari selisih antara kadar klorida sebelum dielektrolisis dengan sesudah dielektrolisis. Pengukuran kadar klorida dilakukan dengan metode argentometri menggunakan elektroda lempengan grafit yang dicampur dengan lem silikon dengan variasi komposisi 5:1, 10:1 dan 15:1 $^{w}/_{w}$. Kadar ion klorida sebelum dan sesudah elektrolisis bisa dilihat pada gambar 4.8 Pada elektroda dengan komposisi grafit : lem silikon = 15:1 $^{w}/_{w}$ kadar ion klorida sebelum elektrolisis sebanyak 587,88 mg/L, Setelah dielektrolisis larutan elektrolit

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

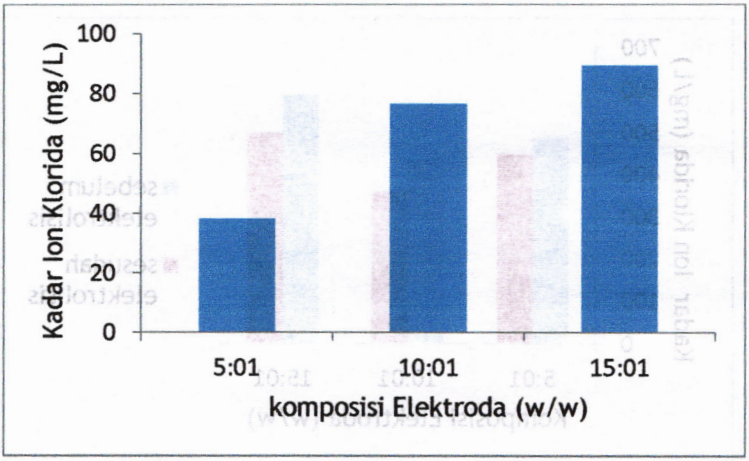
tersebut di ambil 0,5 Ml diencerkan sampai 250 mL diambil lagi 25 ml lalu diatur pH nya agar netral karena penentuan kadar ion klorida jika dilakukan pada pH asam maka perak kromat akan larut dan terbentuk dikromat, ataupun basa maka akan terbentuk endapan perak hidroksida. Setelah larutan sampel dalam keadaan netral kemudian ditambahkan indikator K_2CrO_4 lalu dititrasi sampai warna larutan berubah menjadi merah bata, dicatat volume $AgNO_3$ yang diperlukan. Diperlukan juga titrasi blanko (titrasi tanpa sampel) yaitu air ditambahkan HCl atau NaOH agar pH nya netral ditambahkan indikator K_2CrO_4 lalu dititrasi dengan $AgNO_3$ didapatkan volume titrasi blanko yang lebih kecil daripada volume titrasi aslinya. Komposisi elektroda lem silikon 15:1 $^{W}/_{W}$ ini menghasilkan kadar ion klorida setelah elektrolisis sebanyak 498,42 mg/L. Pengurangan ion klorida sebesar 89,46 mg/L. Kadar ion klorida sebelum dielektrolisis lebih besar daripada setelah dielektrolisis karena sebelum dielektrolisis belum terjadi reaksi oksidasi yang mengubah ion klorida menjadi gas klorin. Pada elektroda dengan komposisi grafit : lem silikon = 10:1 $^{W}/_{W}$. Kadar ion klorida yang dihasilkan sebelum elektrolisis sebesar 434,52 mg/L dan

kadar ion klorida yang dihasilkan setelah proses elektrolisis sebesar 357,84 mg/L. Pengurangan ion klorida sebesar 76,68 mg/L. Pada elektroda dengan komposisi grafit : lem silikon = 5:1 $^{w}/_{w}$ kadar ion klorida sebelum dielektrolisis sebesar 485,64 mg/L dan kadar ion klorida setelah elektrolisis sebesar 447,3 mg/L. Pengurangan kadar ion klorida sebesar 38,34 mg/L. Kadar ion klorida sebelum dielektrolisis dan sesudah dielektrolisis dapat dilihat pada gambar 4.8 dibawah ini



Gambar 4.8. Kadar ion klorida sebelum dan sesudah elektrolisis dengan larutan NaCl 5 M pada elektroda dengan komposisi grafit:lem silikon 5:1, 10:1 dan 15:1 $^{w}/_{w}$

Dari gambar di atas terlihat bahwa elektroda dengan komposisi grafit:lem = 15:1 $^{w}/_{w}$ memberikan kadar ion klorida sebelum elektrolisis lebih besar daripada elektroda dengan komposisi grafit:lem = 10:1 dan 5:1 $^{w}/_{w}$, begitu juga dengan kadar ion klorida setelah elektrolisis, elektroda dengan komposisi grafit:lem = 15:1 $^{w}/_{w}$ memberikan kadar ion klorida lebih besar daripada elektroda dengan komposisi grafit:lem = 10:1 dan 5:1 $^{w}/_{w}$.



Gambar 4.9: Grafik pengurangan kadar ion klorida dengan larutan NaCl 5 M, elektroda dengan komposisi grafit:lem silikon 5:1, 10:1 dan 15:1 $^{w}/_{w}$

Grafik 4.9 diatas menunjukkan bahwa elektroda dengan komposisi 15:1 $^{w}/_{w}$ merupakan elektroda yang

mempunyai nilai pengurangan kadar ion klorida paling besar. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi oksidasi yang terjadi di sekitar elektroda tersebut paling banyak dibandingkan dengan elektroda lainnya, jika reaksi oksidasi semakin banyak terjadi maka elektron yang ditransfer selama proses elektrolisis semakin banyak dan hasil/produk dari elektrolisis berupa gas klorin semakin banyak. Faktor banyaknya grafit yang digunakan berpengaruh pada pengurangan kadar ion klorida yang dihasilkan dari masing-masing elektroda. Elektroda yang komposisi antara grafit dan lem seperti komposisi 15:1 $^{w}/_{w}$ menghasilkan pengurangan kadar ion klorida yang lebih besar dibanding komposisi yang lain begitu juga sebaliknya elektroda yang komposisi antara grafit dan lem seperti 5:1 $^{w}/_{w}$ menghasilkan pengurangan kadar ion klorida yang lebih kecil. Disimpulkan bahwa semakin banyak grafit pada campuran elektroda maka pengurangan kadar ion klorida semakin besar begitu juga sebaliknya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

KESIMPULAN dan SARAN

KESIMPULAN

Dari variasi komposisi jumlah grafit:lem silikon didapatkan bahwa elektroda dengan variasi komposisi grafit:lem silikon = 5:1 menghasilkan nilai resistansi sebesar 263,15 Ω. Elektroda dengan variasi komposisi grafit:lem silikon = 10:1 menghasilkan nilai resisitansi sebesar 53,47 Ω dan elektroda dengan variasi komposisi grafit:lem silikon = `15:1 menghasilkan nilai resisitansi sebesar 19,19 Ω. Ketiga elektroda dengan komposisi 5:1 10:1 dan 15:1 $^{W}/_{W}$ tersebut mempunyai daya tahan yang bagus terhadap elektrolisis menggunakan voltametri siklik dilihat dari puncaknya yang stabil tanpa adanya perbedaan secara signifikan. Elektroda grafit:lem silikon = 15:1 $^{W}/_{W}$ menghasilkan pengurangan kadar ion klorida lebih besar dibanding elektroda grafit:lem silikon 10:1 dan 5:1 $^{W}/_{W}$ dengan urutan pengurangan kadar ion klorida 89,46 $\frac{mg}{L}$, 76,68 $\frac{mg}{L}$ dan 38,34 $\frac{mg}{L}$

SARAN

Penelitian ini belum sempurna, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan ketahanan dari elektroda dan efisiensinya dalam pengurangan kadar ion kloridanya

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memvariasikan ukuran serbuk grafit yang akan digunakan untuk elektroda dan memvariasikan jenis perekat yang digunakan
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mencari luas permukaan elektroda yang tercelup agar hasil yang diperoleh optimum
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang aplikasi dari Cl_2 yang terbentuk dari hasil elektrolisis

DAFTAR PUSTAKA

Brady, J.E., 2008.
Kimia Universitas Asas dan Struktur, Binarupa Aksara, Jakarta.

Brady, J.E., 1999.
General Chemistry Principles And Structure, Binarupa Aksara, Jakarta.

Chang, R., 2004.
Kimia Dasar Jilid 2, 3ed, Erlangga, Jakarta.

Chavendish, M., 2004.
The Elements Platinum, Benchmark Books, New York.

Day, R.A Jr dan Underwood, A.L., 2001.
Analisa Kimia Kuantitatif, 6ed, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Dogra, S.K dan Dogra, S., 1990.
Kimia Fisika, UI-Press , Jakarta.

Effendi, H., 2007.
Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan, Kanisius, Yoyakarta.

Hartomo, A.J., dan Kaneko,T., 1995.
Mengenai Pelapisan Logam (Electroplating), Andi Offset, Yogyakarta.

Hutabarat, S., dan Stewart, M.Evans., 1985.
Pengantar Oseanografi, UI-Press, Jakarta.

J.Janssen., J. G Hoogland., 1969.
Electrolysis of acidic NaCl solution with a graphite anode-I the graphite electrode, Electrochimia Acta., vol 14.

J.Janssen., 2001.
Electrolysis of acidic NaCl solution with a graphite anode-I the graphite electrode, Electrochimia Acta., Vol 14, Issu 11.

Kuswandi, B., Pisesidharta, E., Budianto, H., Maisara, T., Novita, N., 2001.
Pemanfaatan baterai bekas sebagai elektroda konduktansi sederhana, Jurnal Ilmu Dasar, Vol 2.

Murry, Mc., John, dan Robert, C.F., 2001.
Chemistry, Prentice Hall, New Jersey.

Nicholson, W. 1803.
Chemistry. A Journal of Natural Philosophy iv.c.

Noel, M., Santhaman, R., 1996.
Influence of polymeric binder on the stability and intercalation/de intercalation behaviour of grafit electrode in non aqueous solution, Journal of Power Source, Vol 1-6.

Nontji, A.,1987.
Laut Nusantara, Djambatan, Jakarta.

Oxtoby, D, W., Freeman, W, A., Block, T, F., 2010.
Chemistry, Sounder college publising, New york.

Pruneanu, S., 2001.
Potentiostatic System with Data Acquisition for Electrochemical Measurements, Study Universitas Babes Bolyai, Phisica.

Rigden, J.S., 2002.
Hydrogen, Cambridge, Harvard University Press, MA.

Rivai, H., 1995.
Asas Pemeriksaan Kimia, UI-Press, Jakarta.

Sawyer, C.N., Perry, L.M, Gene, F.P., 2003.
Chemistry for Environmental Engineering and Science, 5th ed.McGraw Hill, Singapore.

Scoot, R, P, W., 2010
Electrochemistry, Voltametry one, John Wiley and Sons, New York.

Sembiring, N, dan Subroto, A, 2007.
Terapi sari air laut, penerbar plus, jakarta.

Skoog, D.A, Holler F.J, Crough S., 2008,
Principles of instrumental analysis, 6th ed, brooks/cole thomson learning,inc, United State of America.

Supriharyono., 2007.
Konservasi ekosistem sumberdaya hayati di wilayah pesisir dan laut tropis, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.

Suyuti,A. 2010.
Studi eksperimen konfigurasi komponen sel elektrolisis untuk memaksimalkan p H larutan dan gas hasil elektrolisis dalam rangka peningkatan performa dan reduksi SO_x - NO_x motor diesel, Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.

Svehla, G. 1985.
Vogel Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro. Jakarta: PT. Kalman Media Pustaka.

Lim, T. K., chee-yan chan, K.H.Khoo., 1982.
determination of p H change in the near electrode solution layer at a nickel cathode during electrolysis of NaCl solutions, Surface Technology.

Wang, Joseph., 2006.
Analytical electrochemistry, John wiley and sons, New Jersey.

Wicaksono, A, D., 2010.
Peningkatan Kualitas Emisi dan Penghematan Bahan Bakar Pada Sepeda Motor Melalui Elektrolisis Air Menggunakan Elektrolit NaOH. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.

Voigt, R., 1984.
Buku Pelajaran Teknologi Farmasi, UGM Press, Yogyakarta.

Yoder, E, J., Witczak, W, K., 1975.
Chemistry. United States of America: Harcout Brace Jovanoich Inc.

Zoski, C.G., 2007.
Handbook of Electrochemistry, Elsevier, Amsterdam.

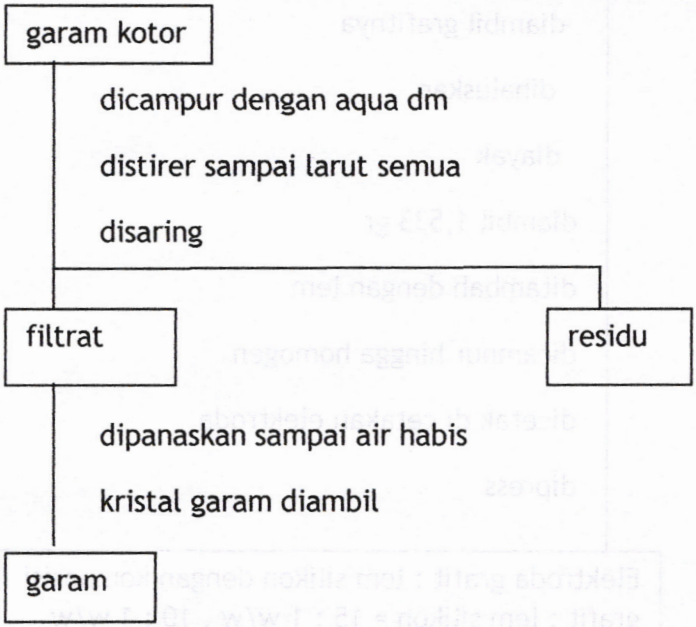
Halaman ini sengaja dikososngkan

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

SKEMA KERJA

A.1. Rekristralisasi garam kotor



MILIK PERPUSTAKAAN ITS

A.2. Pembuatan lempeng elektroda grafit

pensil 8b

diambil grafitnya

dihaluskan

diayak

diambil 1,533 gr

ditambah dengan lem

dicampur hingga homogen

dicetak di cetakan elektroda

dipress

Elektroda grafit : lem silikon dengan komposisi grafit : lem silikon = 15 : 1 w/w , 10 : 1 w/w dan 5 : 1 w/w

A.3. Menentukan nilai resistansi dari elektroda grafit : lem silikon dengan komposisi grafit : lem silikon = 15 : 1 w/w , 10 : 1 w/w dan 5 : 1 w/w

Elektroda 15:1 w/w, 10:1 w/w dan 5:1 w/w dengan luas 1 cm persegi

disambungkan dengan elektroda reference dan bantu namun disisi lain disambungkan dengan elektroda kerja

diukur arus yang dihasilkan pada E= -1 sd 1 Volt, scan rate 100 mv/s

Data arus sebagai fungsi potensial diperoleh

dibuat linier arus sebagai fungsi potensial

dihitung 1/slope

Resistansi elektroda 15:1 w/w, 10:1 w/w dan 5:1 w/w

A.4. Pengujian menggunakan voltametri siklik

Elektroda 15:1 w/w, 10:1 w/w dan 5:1 w/w dengan luas 1 cm persegi

disambungkan dengan elektroda kerja, Pt dengan elektroda bantu dan Ag/AgCl dengan elektroda reference

dimasukkan dalam larutan elektrolit NaCl 1 M, 3 M dan 5 M

diukur arus pada E -1 sd 1,5 V dan scan rate 100 mv/s

Data I sabagai fungsi E

dibuat voltamogram I sebagai fungsi E

diamati perbedaan arus yang dihasilkan dari masing-masing elektroda pada konsentrasi larutan elektrolit NaCl 1 M, 3M dan 5M

Grafik voltamogram

A.5. Penentuan kadar ion klorida

garam

diambil 14,62 gram

dilarutkan dengan aqua dm

diencerkan dengan labu 50 ml

larutan elektrolit 5 M

-dielektrolisis dengan batang pensil 8b
-dilakukan pada v = 6 V , selama 100 menit

-dicatat arus yang dihasilkan setiap 10 menit

-diambil 0,5 ml larutan elektrolitnya

-diencerkan dengan labu 250 ml

-diambil 25 ml lalu ph diatur agar netral

-ditambah indikator k_2 Cr O_4 1 ml

-dititrasi dengan $AgNO_3$

-lempeng elektroda diganti dengan Yang lain

-V $AgNO_3$ dicatat

V $AgNO_3$

LAMPIRAN B
Perhitungan

B.1. Pembuatan larutan elektrolit 1 M, 3 M dan 5 M

1 M

$$M = \frac{m}{mr} \times \frac{1000}{v}$$

$$1 = \frac{m}{58,5} \times \frac{1000}{50}$$

$$m = 2,925 \text{ gr}$$

3 M

$$M = \frac{m}{mr} \times \frac{1000}{v}$$

$$3 = \frac{m}{58,5} \times \frac{1000}{50}$$

$$m = 8,775 \text{ gr}$$

5 M

$$M = \frac{m}{mr} \times \frac{1000}{v}$$

$$5 = \frac{m}{58,5} \times \frac{1000}{50}$$

$$m = 14,625 \text{ gr}$$

B.2. Pembuatan larutan penitran $AgNO_3$ 0,09 M

$$M = \frac{m}{mr} \times \frac{1000}{v}$$

$$0,09 = \frac{m}{169} \times \frac{1000}{100}$$

$$m = 1,521 \text{ gr}$$

B.3. Pembuatan larutan indikator K_2CrO_4 0,259 M

$$M = \frac{m}{mr} \times \frac{1000}{v}$$

$$0,259 = \frac{m}{194} \times \frac{1000}{100}$$

$$m = 5,0246 \text{ gr}$$

B.4. Kadar Cl dalam larutan dengan komposisi elektroda 15:1

kadar Cl sebelum dielektrolisis

V $AgNO_3$ 4,9 ml

V blanko 0,3 ml

$$Cl^- = \frac{(A-B)\cdot N\cdot 35,5}{V \text{ contoh}} = \frac{(4,9-0,3)\cdot 0,09 \cdot 35,5}{0,025} = 587,88 \ \frac{mg}{L}$$

kadar Cl setelah dielektrolisis

V $AgNO_3$ 4,2 ml

V blanko 0,3 ml

$$Cl^- = \frac{(A-B)\cdot N\cdot 35,5}{V\ contoh} = \frac{(4,2-0,3)\cdot 0,09\cdot 35,5}{0,025} = 498,42\ \frac{mg}{L}$$

Pengurangan Cl sebelum dan setelah elektrolisis adalah $89,46\ \frac{mg}{L}$

B.5. Kadar Cl dalam larutan dengan komposisi elektroda 10:1

kadar Cl sebelum dielektrolisis

V $AgNO_3$ 3,6 ml

V blanko 0,4 ml

$$Cl^- = \frac{(A-B)\cdot N\cdot 35,5}{V\ contoh} = \frac{(3,7-0,4)\cdot 0,09\cdot 35,5}{0,025} = 421,74\ \frac{mg}{L}$$

kadar Cl setelah dielektrolisis

V $AgNO_3$ 3,3 ml

V blanko 0,4 ml

$$Cl^- = \frac{(A-B)\cdot N\cdot 35,5}{V\ contoh} = \frac{(3,3-0,4)\cdot 0,09\cdot 35,5}{0,025} = 370,62\ \frac{mg}{L}$$

Pengurangan Cl sebelum dan setelah elektrolisis adalah $51,12\ \frac{mg}{L}$

B.6. Kadar Cl dalam larutan dengan komposisi elektroda 5 : 1

kadar Cl sebelum dielektrolisis

V $AgNO_3$ 4,1 ml

V blanko 0,3 ml

$$Cl^- = \frac{(A-B)\cdot N\cdot 35,5}{V\ contoh} = \frac{(4,1-0,3)\cdot 0,09\cdot 35,5}{0,025} = 485,64\ \frac{mg}{L}$$

kadar Cl setelah elektrolisis

V $AgNO_3$ 3,8 ml

V blanko 0,3 ml

$$Cl^- = \frac{(A-B)\cdot N\cdot 35,5}{V\ contoh} = \frac{(3,8-0,3)\cdot 0,09\cdot 35,5}{0,025} = 447,3\ \frac{mg}{L}$$

Pengurangan Cl sebelum dan setelah elektrolisis adalah 38,34 $\frac{mg}{L}$

LAMPIRAN C

Daftar Tabel

C.1. Penurunan arus selama elektrolisis NaCl dengan menggunakan anoda lempengan grafit dan katoda batang pensil selama 100 menit

1. Penurunan arus dari elektrolisis menggunakan elektroda dengan komposisi Grafit : lem = 5 : 1

Waktu (menit)	Arus (μA)
0	0,28
10	0,2
20	0,13
30	0,11
40	0,08
50	0,07
60	0,06
70	0,05
80	0,04
90	0,04
100	0,05

2. Penurunan arus dari elektrolisis menggunakan elektroda dengan komposisi grafit : lem = 10 : 1

Waktu (menit)	Arus (μA)
0	0,54
10	0,42
20	0,37
30	0,29
40	0,22
50	0,18
60	0,17
70	0,16
80	0,13
90	0,11
100	0,10

3. Penurunan arus dari elektrolisis menggunakan elektroda dengan komposisi Grafit : lem = 15 : 1

Waktu (menit)	Arus (μA)
0	0,76
10	0,68
20	0,41
30	0,36
40	0,28
50	0,3
60	0,31
70	0,28
80	0,29
90	0,31
100	0,3

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

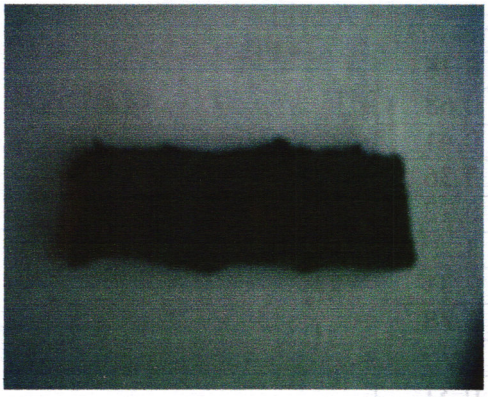
LAMPIRAN D

D1. Gambar elektroda

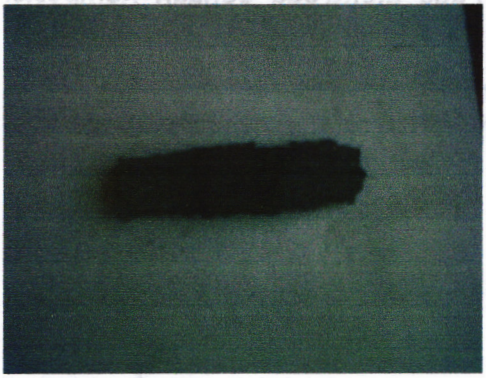
A. Elektroda dengan komposisi grafit:lem = 5:1



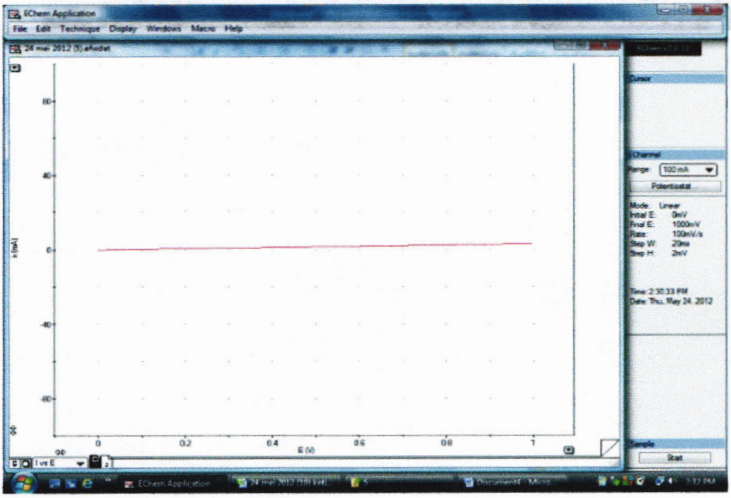
B. Elektroda dengan komposisi grafit:lem = 10:1



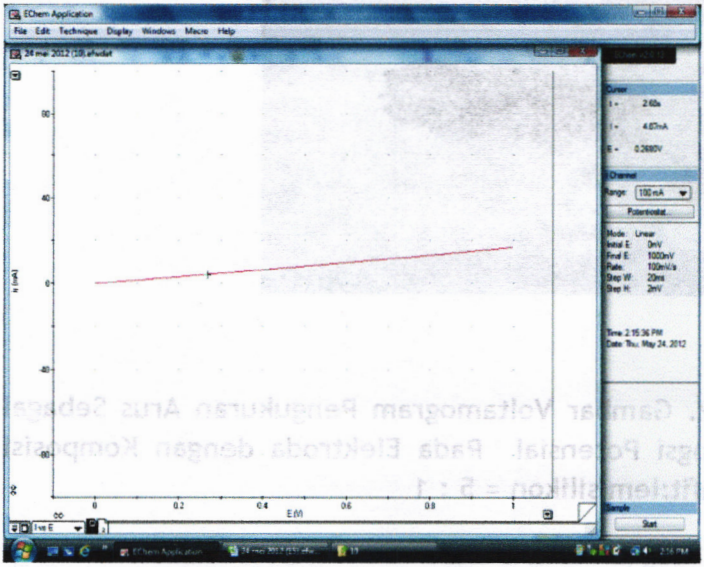
C. Elektroda dengan komposisi grafit:lem = 15:1



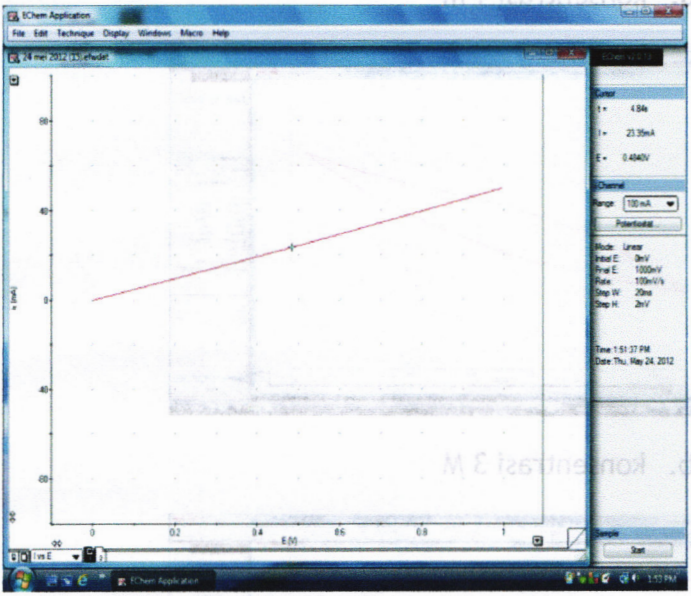
D.2. Gambar Voltamogram Pengukuran Arus Sebagai Fungsi Potensial Pada Elektroda dengan Komposisi grafit:lem silikon = 5 : 1



D.3. Gambar Voltamogram Pengukuran Arus Sebagai Fungsi Potensial Pada Elektroda dengan Komposisi grafit:lem silikon = 10 : 1

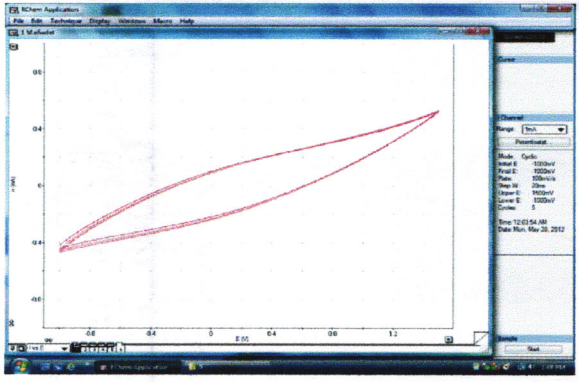


D.4. Gambar Voltamogram Pengukuran Arus Sebagai Fungsi Potensial Pada Elektroda dengan Komposisi grafit:lem silikon = 15 : 1

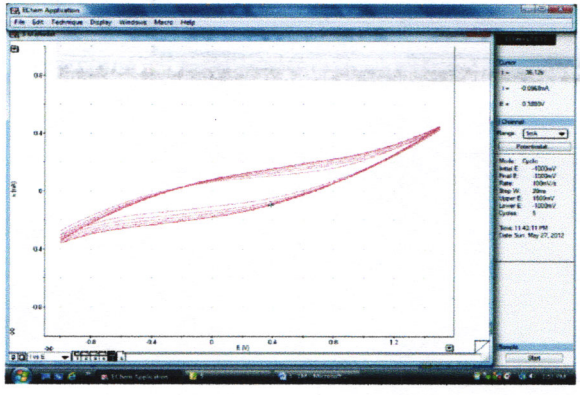


D.5. Gambar Voltamogram Pengukuran Puncak Anodik Dan Puncak Katodik Pada Elektroda dengan Komposisi grafit:lem silikon = 5 : 1 dengan Variasi Konsentrasi a. 1 M b. 3 M dan c. 5 M

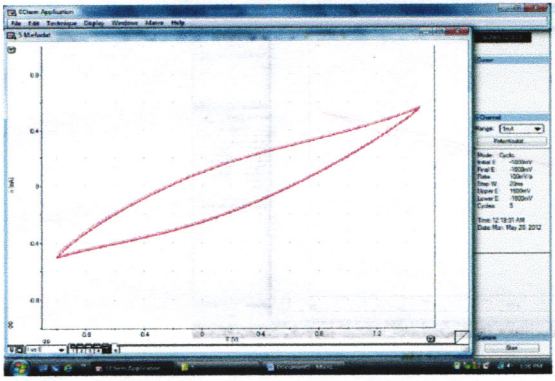
a. konsentrasi 1 M



b. konsentrasi 3 M

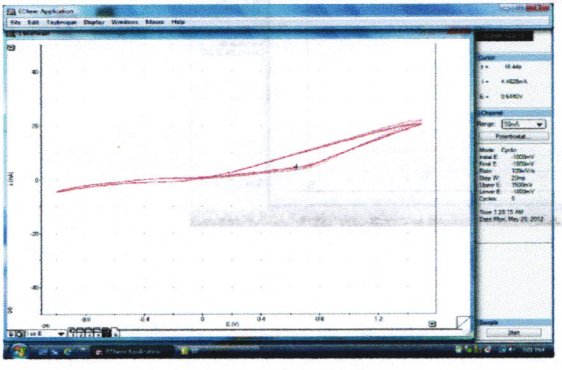


c. Konsentrasi 5 M

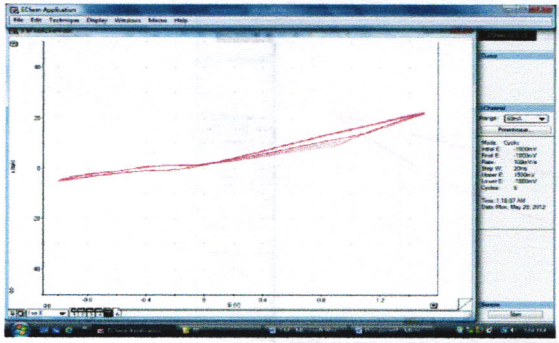


D.6. Gambar Voltamogram Pengukuran Puncak Anodik Dan Puncak Katodik Pada Elektroda dengan Komposisi grafit:lem silikon = 10 : 1 dengan Variasi Konsentrasi a. 1 M b. 3 M dan c. 5 M

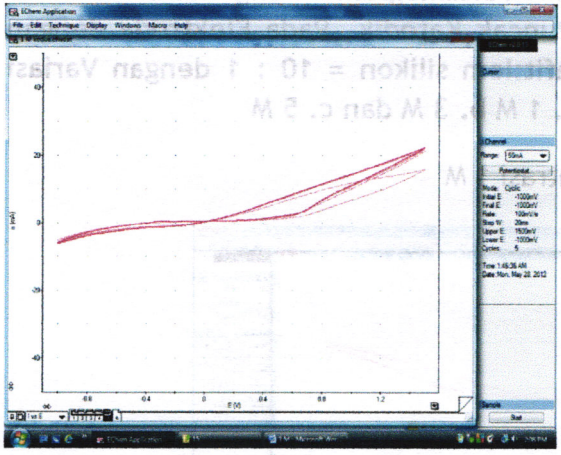
a. Konsentrasi 1 M



b. Konsentrasi 3 M

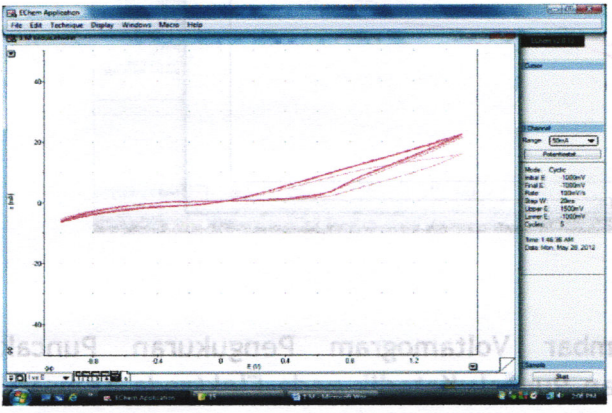


c. Konsentrasi 5 M

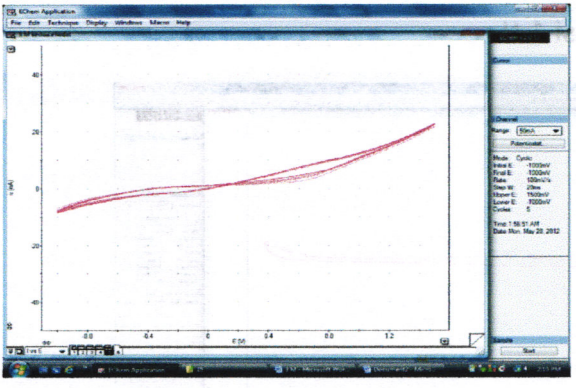


D.7. Gambar Voltamogram Pengukuran Puncak Anodik Dan Puncak Katodik Pada Elektroda dengan Komposisi grafit:lem silikon = 15 : 1 dengan Variasi Konsentrasi a. 1 M b. 3 M dan c. 5 M

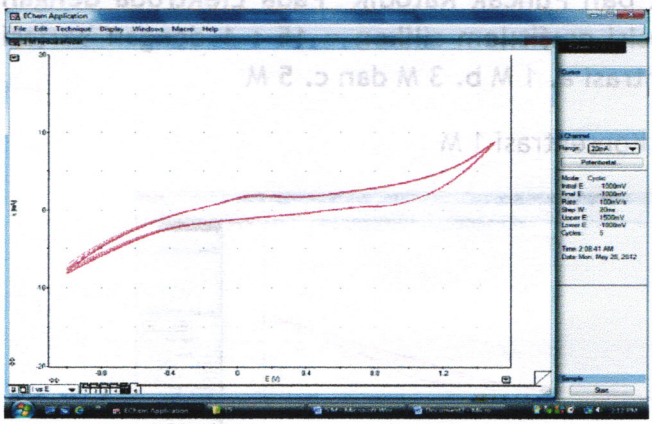
a. Konsentrasi 1 M



b. Konsentrasi 3 M

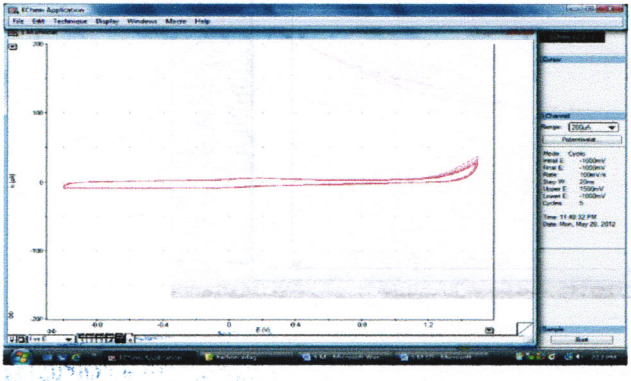


c. Konsentrasi 5 M

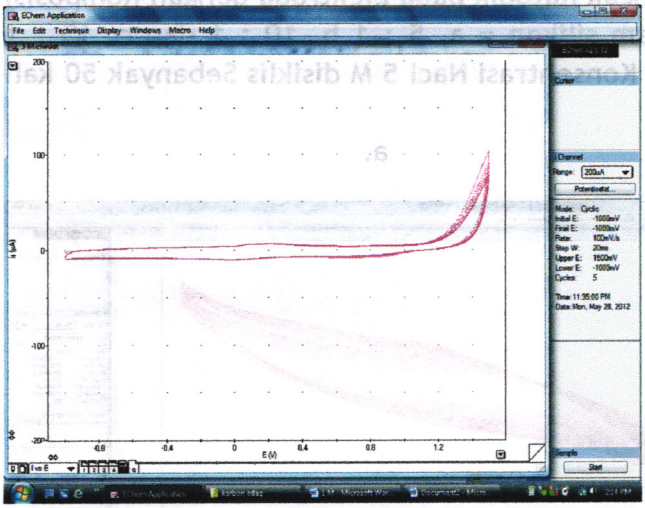


D.8. Gambar Voltamogram Pengukuran Puncak Anodik Dan Puncak Katodik pada Elektroda Komersil dari Edaq dengan Variasi Konsentrasi a. 1 M b. 3 M dan c. 5 M

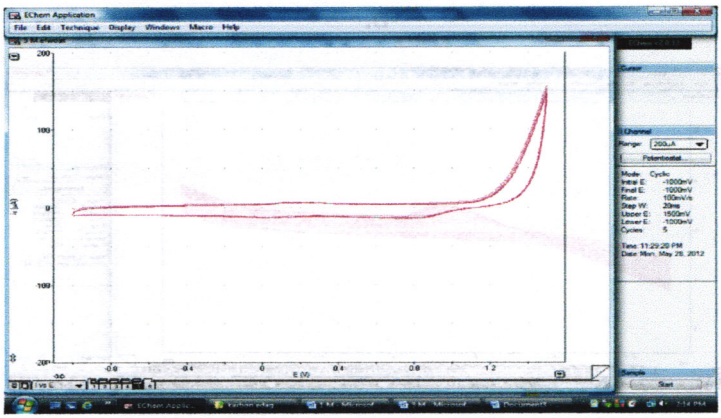
a. Konsentrasi 1 M



b. Konsentrasi 3 M



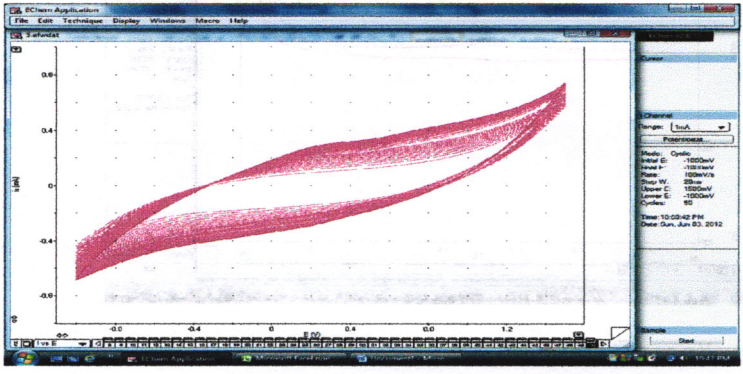
c. Konsentrasi 5 M



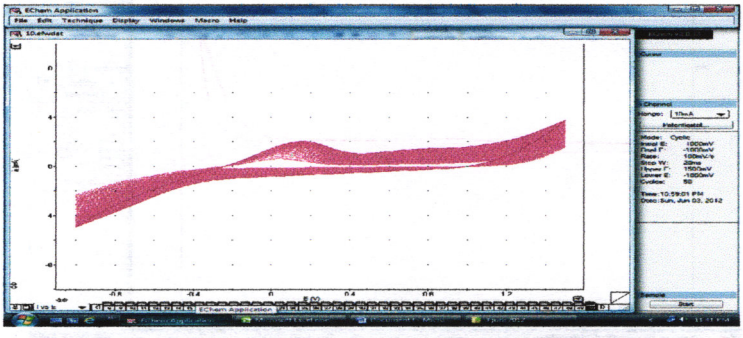
MILIK PERPUSTAKAAN
ITS

D.9 Gambar Voltamogram Pengukuran Puncak Anodik Dan Puncak Katodik pada Elektroda dengan Komposisi grafit:lem silikon = a. 5 : 1 b. 10 : 1 dan c. 15 : 1 dengan Konsentrasi Nacl 5 M disiklis Sebanyak 50 kali Siklis

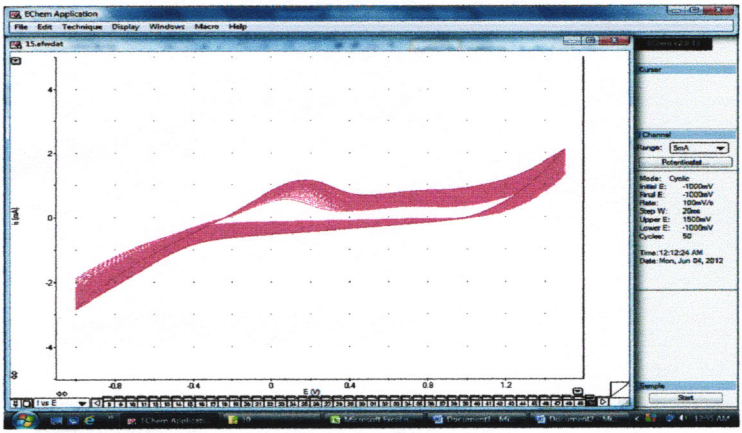
a.



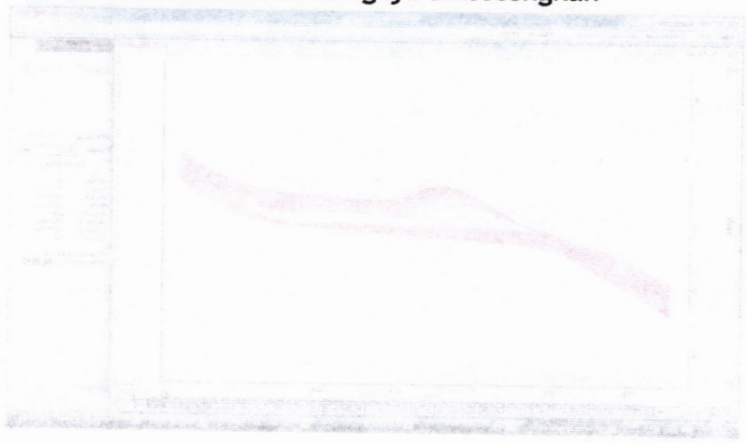
b.



C.


EChem Application
File Edit Technique Display Windows Macro Help
15.efwdat
Cursor
Channel
Range: 5mA
Potentiostat
Mode: Cyclic
Initial E: -1000mV
Final E: -1000mV
Rate: 100mV/s
Step W: 20ms
Upper E: 1500mV
Lower E: -1000mV
Cycles: 50
Time: 12:12:24 AM
Date: Mon, Jun 04, 2012
Sample
Start
I (mA)
E (V)
4
2
0
-2
-4
-0.8
-0.4
0
0.4
0.8
1.2

Halaman ini sengaja dikososngkan



Riwayat penulis



Penulis dilahirkan di Mojokerto pada tanggal 27 Januari 1990, sebagai anak pertama dari 2 bersaudara pasangan Karimun hadi dengan Puji pristiwati. Penulis adalah alumnus TK Dharma wanita Mojokerto, SDN Betro Mojokerto, SMP Negeri 2 Kota Mojokerto, dan SMA Negeri 1 Sooko Mojokerto. Setelah lulus SMA penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SNMPTN pada bulan Agustus 2008. Selama menempuh pendidikan di ITS penulis aktif dalam beberapa organisasi dan kegiatan tingkat jurusan maupun institut. Penulis pernah menjabat sebagai Kepala Departemen PPSDI CIS periode 2009-2010 juga pernah menjadi asisten laboratorium kimia anlitik mata kuliah metode pengukuran dan metode pengukuran dengan instrumen, dan pernah aktif menjadi anggota ITS Volleyball Community (IVC). Penulis sempat menempuh kerja praktek di RnD PT. DJARUM Kudus. Penulis menamatkan studi di Jurusan Kimia FMIPA dengan mengambil tugas akhir pada bidang Analitik khusnya instrumen. Penulis menerima pertanyaan, kritik, saran dan diskusi melalui email: kriswantorovoli@gmail.com dan +6285732824420