

**PENURUNAN KANDUNGAN AMONIA DALAM AIR  
DENGAN ELEKTROLISA MENGGUNAKAN ELEKTRODA  
*STAINLESS STEEL/PLATINA***



**Tesis**

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-2**

**Magister Teknik Kimia**

**Indah Riwayati**

**L4C 008 014**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG**

**Agustus**

**2010**

**Halaman Pengesahan  
Tesis**

Nama : Indah Riwayati  
NIM : L4 C008 014  
Judul : Penurunan Kandungan Amonia dalam Air dengan  
Elektrolisa Menggunakan Elektroda *Stainless steel*/ Platina

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing

Ketua Tim Penguji

Dr. Ir. Ratnawati, MT.  
NIP. 19600412 198603 2 001

Dr. Tutuk Djoko Kusworo, ST., M.Eng.  
NIP. 19730621 199702 1 001

Mengetahui  
Pembantu Dekan I Fakultas Teknik

Ir. Bambang Pudjianto, MT.  
NIP. 19521205 198503 1 001

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan di dalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan lembaga pendidikan lainnya. Pengetahuan yang diperoleh dari hasil penerbitan maupun yang belum/tidak diterbitkan, sumbernya dijelaskan di dalam tulisan dan daftar pustaka.

Semarang, 19 Agustus 2010

(Indah Riwayati)

## ABSTRAK

Amonia merupakan salah satu bahan kimia yang umum terdapat dalam limbah rumah tangga, peternakan, pabrik pupuk nitrogen, pabrik amonia dan pabrik asam nitrat dengan jumlah yang berbeda-beda. Kadar nitrogen yang berlebih dari limbah dengan kandungan amonia merupakan sumber nutrient bagi tumbuhan air, sehingga terjadi pertumbuhan yang tidak terkendali yang mengakibatkan eutrofikasi dan terganggunya keseimbangan ekosistem. Elektrolisa oksidasi amonia secara langsung merupakan salah satu cara yang dapat diaplikasikan pada pengolahan limbah dengan kandungan amonia karena merupakan teknologi yang sederhana serta hasil samping berupa gas nitrogen tidak membutuhkan pengolahan lebih lanjut langsung dapat dilepas ke lingkungan. Dalam penelitian ini dikaji pengaruh faktor-faktor densitas arus, pH dan konsentrasi ion Cl terhadap konsentrasi amonia sisa, konversi serta efisiensi faraday pada proses elektrolisa amonia dengan mempergunakan elektroda stainless steel dan platina. Variabel-variabel pH, densitas arus dan konsentrasi NaCl mempengaruhi konversi secara positif. Hal itu dapat dilihat dari konsentrasi amonia sisa yang semakin kecil dengan penambahan nilai ketiga variabel tersebut. Dengan semakin kecilnya konsentrasi amonia sisa berarti semakin besar jumlah amonia yang bereaksi dan terkonversi menjadi produk. Sehingga konversi menjadi semakin besar dengan semakin besarnya nilai ketiga variabel. Konversi terbesar adalah 30,16 % dicapai pada variabel pH = 12,5, densitas arus = 15 mA/cm<sup>2</sup> dan konsentrasi NaCl = 300 ppm. pH dan densitas arus berpengaruh positif terhadap efisiensi Faraday. Kenaikan nilai kedua variabel tersebut mengakibatkan peningkatan efisiensi Faraday. Sedangkan penambahan nilai variabel densitas arus akan menurunkan efisiensi Faraday. Efisiensi Faraday tertinggi sebesar 78,43 % dicapai pada kondisi pH = 12,5, densitas arus = 15 mA/cm<sup>2</sup> dan konsentrasi NaCl = 300 ppm. Kinetika reaksi pengurangan amonia menunjukkan orde satu semu dan nilai konstanta kecepatan reaksi k dipengaruhi oleh variabel pH, densitas arus dan ion klorida.

Kata kunci: amonia, elektrolisa, platina, stainless steel

## ABSTRACT

Ammonia is one of the chemicals commonly found in municipal waste, livestock, nitrogen fertilizer plants, ammonia plants and nitric acid plants with a different amount. Excessive levels of nitrogen from wastewater containing ammonia is a source of nutrients for aquatic plants, resulting in uncontrolled plant growth causing in eutrophication and disruption of ecosystem balance. Direct oxidation of ammonia electrolysis is one way can be applied in wastewater treatment with ammonia because it is a simple technology with a byproduct of nitrogen gas did not require further processing can be directly released into the environment. This research will study the influence of current density, pH and chloride ion concentration to residual ammonia concentration, conversion and Faraday efficiency in the electrolysis process using stainless steel and platinum electrodes. Variables of pH, current density and NaCl concentration affects the conversion positively. It can be seen from the concentration of ammonia remaining getting smaller with the addition of these three variables. With more small residual ammonia concentration means greater amount of ammonia reacted and converted into products. So conversion becomes larger with increasing the value of the three variables. The highest conversion is 30.16% obtained in variable pH = 12.5, = 15 mA/cm<sup>2</sup> current density and NaCl concentration = 300 ppm. pH and current density have positive effect on the efficiency of Faraday. Increasing in value of both variables resulted in increased efficiency of Faraday. While the addition of the variable value of current density will decrease Faraday efficiency. The highest value of Faraday efficiency of 78.43% is achieved at pH = 12.5, = 15 mA/cm<sup>2</sup> current density and NaCl concentration = 300 ppm. Ammonia reduction kinetics showed pseudo-first order reaction rate with constant value k is influenced by variables of pH, current density and chloride ions.

Key words: ammonia, electrolysis, platinum, stainless steel

## KATA PENGANTAR

Tesis dengan judul "Penurunan Kandungan Amonia dalam Air dengan Elektrolisa menggunakan Elektroda *Stainless Steel*/Platina" disusun untuk memenuhi persyaratan penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Kimia Universitas Diponegoro Semarang. Penyajian tesis meliputi latar belakang, tujuan, ruang lingkup, dan manfaat penelitian pada bab 1, tinjauan pustaka dan metode penelitian pada bab 2 dan 3, hasil dan pembahasan pada bab 4, serta kesimpulan dan saran pada bagian akhir.

Tesis ini tidak akan terselesaikan dengan baik tanpa bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada Dr. Ir. Ratnawati, MT. selaku pembimbing yang telah memberikan bimbingan secara intensif mulai dari penulisan usulan penelitian, pelaksanaan sampai dengan penulisan tesis ini. Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada keluarga tercinta yaitu kedua orang tua, Mochamad Purnomo dan Abrienda Jessica Dewi yang telah memberikan dukungan, hiburan dan doa tanpa batas demi keberhasilan studi serta teman seperjuangan Laeli, Hartati dan Ibu Isti serta semua pihak yang telah membantu proses penyelesaian penelitian ini.

Tidak ada yang sempurna di dunia, begitu pun dengan tesis ini. Segala yang terbaik telah dilakukan dalam proses penyusunan, namun kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan sehingga karya ini dapat lebih bermanfaat bagi siapapun yang membacanya.

Semarang, 19 Agustus 2010

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRAC.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR SIMBOL.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I : PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Karakteristik Amonia.....	6
2.1.1 Sifat Fisis dan Sifat Kimia .....	6
2.1.2 Toksisitas Amonia.....	8
2.1.3 Kegunaan Amonia.....	9
2.2 Dasar-dasar Elektrokimia.....	13
2.2.1 Pengertian dan Ruang Lingkup Elektrokimia.....	10
2.2.2 Persamaan-persamaan Dasar.....	11
2.2.2.1 Persamaan Nerst.....	11
2.2.2.2 Konstanta Kesetimbangan.....	11
2.2.2.3 Perpindahan Massa.....	12
2.2.2.4 Hukum Faraday.....	12

2.2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kecepatan reaksi.....	13
2.2.3.1 Densitas Arus.....	13
2.2.3.2 Reversibilitas.....	15
2.2.3.3 Potensial Berlebih ( <i>Overpotential</i> ).....	15
2.2.4 Aplikasi Elektrokimia.....	15
2.3 Elektrolisa.....	16
2.4 Elektrolisa Amonia.....	18
2.4.1 Persamaan-persamaan yang Dipergunakan Untuk Perhitungan.....	20
<b>BAB III : METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Bahan yang Digunakan .....	23
3.2 Rancangan Penelitian dan RangkaianAlat .....	23
3.2.1 Rancangan Penelitian.....	23
3.2.2 Rangkaian Alat.....	25
3.3 Prosedur Penelitian .....	25
3.3.1 Preparasi Larutan Model.....	25
3.3.2 Percobaan dengan Variabel yang Telah Ditentukan.....	25
3.4 Metode Analisis .....	25
3.5 Interpretasi Data.....	26
<b>BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1Pengaruh pH terhadap Konsentrasi Amonia Sisa dan Konversi.....	27
4.2 Pengaruh Densitas Arus terhadap Konsentrasi Amonia Sisa dan Konversi.....	30
4.3 Pengaruh Konsentrasi NaCl terhadap Konsentrasi Amonia Sisa dan Konversi.....	32
4.4 Pengaruh pH terhadap Efisiensi Faraday.....	33
4.5 Pengaruh Konsentrasi NaCl terhadap Efisiensi Faraday .....	35
4.6 Pengaruh Densitas Arus terhadap Efisiensi Faraday .....	36
4.7 Kinetika Reaksi Penurunan Konsentrasi Amonia .....	38
<b>BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN</b>	



5.1 Kesimpulan .....	43
5.2 Saran.....	43
BAB VI: RINGKASAN .....	45
DAFTAR PUSTAKA .....	46
Lampiran 1 .....	49
Lampiran 2 .....	50
Lampiran 3.....	54

## DAFTAR SIMBOL

### Simbol

$K_b$	= Konstanta kesetimbangan
$E$	= Potensial (V)
$E^0$	= Potensial standar (V)
$C^*$	= Konsentrasi <i>bulk</i> untuk spesies tertentu (mol/L)
$\Delta G^0$	= perubahan energi bebas Gibbs standar (Joule/mol)
$R$	= konstanta gas (8,3145 Joule/mol.K)
$T$	= suhu (K)
$K$	= konstanta kesetimbangan
$K_{sp}$	= kelarutan (mol/L)
$n$	= jumlah elektron yang dipindahkan tiap mol produk
$F$	= bilangan Faraday (96.485,3 C/mol)
$i_1$	= arus pembatas (miliAmpere)
$C$	= konsentrasi spesies yang aktif secara elektrokimia (mol/cm <sup>3</sup> )
$Q$	= jumlah muatan (Coloumb)
$N$	= mol produk (mol)
$t$	= waktu (detik)
$a$	= Luas area elektroda (cm <sup>2</sup> )
$j$	= densitas arus (Ampere/cm <sup>2</sup> )
$O$	= spesies yang mengalami reduksi
$R$	= spesies hasil reduksi
$\tau$	= konstanta waktu <i>non-faradaic</i> elektroda (detik)
$R_s$	= hambatan larutan ( $\Omega$ )
$C_d$	= kapasitas lapisan rangkap (Farad)
$i_{nf}$	= arus listrik <i>non-faradaic</i> (Ampere)
$\varepsilon$	= potensial berlebih ( <i>overpotential</i> ) (Volt)
$E_{eq}$	= potensial kesetimbangan (Volt)
$E_{sel}$	= tegangan sel (Volt)
$E_c$	= potensial termodinamik untuk reaksi di katoda (Volt)
$E_a$	= potensial termodinamik untuk reaksi di anoda (Volt)
$\eta$	= efisiensi faraday (%)
$M$	= massa (gram)
$s$	= faktor stokiometri
$I$	= arus listrik yang dipergunakan (Ampere)
$C_o$	= konsentrasi NH <sub>3</sub> awal (ppm)
$C_f$	= konsentrasi NH <sub>3</sub> akhir (ppm)
$k$	= konstanta kecepatan reaksi (menit <sup>-1</sup> )
$f$	= fraksi amonia tak terionisasi
$pK_a$	= konstanta disosiasi
$AAD$	= <i>Absolute Avarage Deviation</i> (%)

## DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1	Prosentase amonia <i>un-ionized</i> (tak terionisasi) dalam larutan pada suhu 0-30 <sup>0</sup> C , pH .....2
2	Sifat-sifat Fisis Amonia.....7
3	Rancangan Penelitian.....24
4	Nilai k dan AAD masing-masing variabel pH pada densitas arus 15 A/cm <sup>2</sup> dan NaCl 300 ppm.....40
5	Nilai k dan AAD masing-masing variabel densitas arus pada pH 11 dan NaCl 300 ppm.....40
6	Nilai k dan AAD masing-masing variabel NaCl pada pH 11 dan densitas arus 15 mA/cm <sup>2</sup> .....41
7	Perbandingan Penelitian sekarang dengan Penelitian Sebelumnya.....42

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1	Mekanisme Reaksi di Permukaan Elektroda.....14
2	Sel elektrolisa.....18
3	Rangkaian Alat Percobaan.....26
4	Pengaruh pH terhadap Konsentrasi Amonia Sisa pada Densitas Arus 15 mA/cm <sup>2</sup> , Konsentrasi NaCl 300 ppm.....28
5.	Konversi pada t = 100 Menit Masing-masing Variabel pH pada Densitas Arus = 15 mA/cm <sup>2</sup> , Konsentrasi NaCl = 300 ppm.....28
6.	Pengaruh Densitas Arus Terhadap Konsentrasi Amonia Sisa pada pH 11, Konsentrasi NaCl 300 ppm.....30
7.	Konversi pada t = 100 Menit Masing-masing Variabel Densitas Arus pada pH = 11, Konsentrasi NaCl = 300 ppm.....31
8.	Pengaruh Konsentrasi NaCl Terhadap Konsentrasi Amonia Sisa pada pH = 11, Densitas Arus 15 mA/cm <sup>2</sup> .....32
9.	Konversi pada t = 100 Menit Masing-masing Variabel Konsentrasi NaCl pada pH = 11, Densitas Arus 15 mA/cm <sup>2</sup> .....33
10.	Pengaruh pH Terhadap Efisiensi Faraday, pada Densitas Arus = 15 mA/cm <sup>2</sup> , Konsentrasi NaCl = 300 ppm.....34
11.	Pengaruh Konsentrasi NaCl Terhadap Efisiensi Faraday, pada pH = 11, Densitas Arus = 15 mA/cm <sup>2</sup> .....35
12.	Pengaruh Densitas Arus Terhadap Efisiensi Faraday, pada pH = 11, Konsentrasi NaCl = 300 ppm.....36
13.	Grafik $\ln(C_A)_t - \ln(C_A)_0$ versus t untuk variabel pH; pada densitas arus 15 mA/cm <sup>2</sup> , NaCl= 300 ppm.....38
14.	Grafik $\ln(C_A)_t - \ln(C_A)_0$ versus t untuk variabel NaCl; pada densitas arus 15 mA/cm <sup>2</sup> , pH=11.....39
15.	Grafik $\ln(C_A)_t - \ln(C_A)_0$ versus t untuk variabel densitas arus; pada pH=11, NaCl= 300 ppm.....39

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1 Pembuatan Larutan Model.....	49
2 Metode Analisa Amonia.....	50
3 Data Hasil Percobaan dan Perhitungan.....	54