



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**Unjuk kerja reaktor ozonasi senyawa sianida  
dari industri pelapisan logam menggunakan listrik (*electroplating*)**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar**

**Magister Teknik**

**HENDRA WIJAYA**

**0706174083**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**

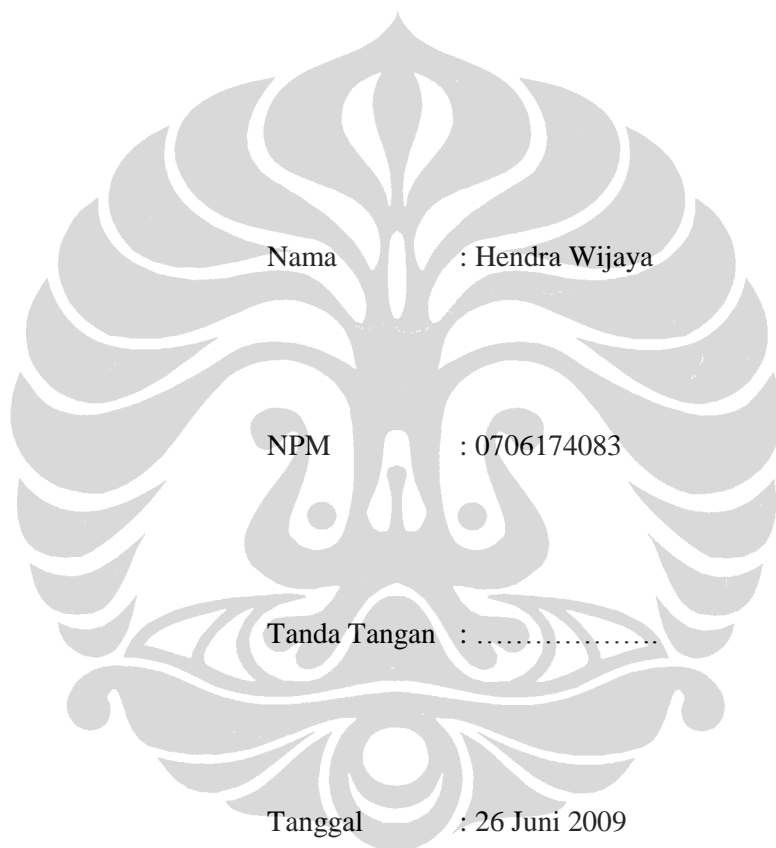
**PENGELOLAAN LINGKUNGAN DAN KESELAMATAN KERJA**

**DEPOK – JAWA BARAT**

**JUNI 2009**

**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.



**HALAMAN PENGESAHAN**

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Hendra Wijaya

NPM : 0706174083

Program Studi : Pengelolaan Lingkungan & Keselamatan Kerja

Departemen Teknik Kimia

Judul Tesis : Unjuk kerja reaktor ozonasi senyawa sianida dari industri

pelapisan logam menggunakan listrik (*electroplating*)

**Telah Berhasil Dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Pengelolaan Lingkungan dan Keselamatan Kerja Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.**

**DEWAN PENGUJI**

Pembimbing I : DR. Ir. Setijo Bismo, DEA (.....)

Pembimbing II : Ir. Eva Fathul Karamah, MT (.....)

Penguji I : DR. Ir. Sutrasno Kartoharjo (.....)

Penguji II : DR. Ir. Nelson Saksono. MT (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juli 2009

**Universitas Indonesia**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena dengan ijin dan rahmat-Nya maka penulis dapat menyelesaikan tesis ini sesuai jadwal yang ditetapkan oleh Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Bantuan dan bimbingan yang diberikan oleh berbagai pihak sangat membantu terwujudnya tesis ini, untuk itu ucapan terima kasih disampaikan kepada :

1. Bapak Dr.Ir. Setijo Bismo, DEA sebagai pembimbing I dan Ibu Ir. Eva F. Karamah, MT selaku pembimbing II atas kontribusinya dalam memberikan bimbingan, saran, dan diskusi pada penulisan tesis ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir Widodo Wahyu Purwanto, DEA selaku Ketua Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
3. Bapak DR. Ir. Yuswan Muharam, selaku wali mahasiswa yang telah banyak memberikan arahan kepada penulis.
4. Bapak Ir. Yuliusman, M.Eng selaku koordinator skripsi/tesis Departemen Teknik Kimia - FTUI.
5. Ibu, Istri dan Anak-anak penulis yang telah memberi semangat, membantu dan memahami kesibukan selama kuliah di UI.
6. Mang Ijal, Kang Jajat, Mas Heri, Mas Topik, Mas Eko, beserta seluruh karyawan Departemen atas segala bantuan dan kerjasamanya.
7. Rekan-rekan Pasca Sarjana Teknik Kimia angkatan 2007 yang telah saling memberi semangat.

Penulis berharap agar tesis bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan terutama dalam penanganan masalah lingkungan yang ada di Industri pelapisan logam menggunakan listrik di Indonesia.

Depok, 26 Juni 2009

Hendra Wijaya

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hendra Wijaya

NPM : 0706174083

Program Studi : Pengelolaan Lingkungan dan Keselamatan Kerja

Departemen : Teknik Kimia/Pasca Sarjana

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Unjuk kerja reaktor ozonasi senyawa sianida dari industri pelapisan logam menggunakan listrik (*electroplating*)**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini berarti Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 26 Juni 2009

Yang menyatakan

(Hendra Wijaya)

**Universitas Indonesia**

**ABSTRAK**

Nama : Hendra Wijaya  
Program Studi : Pengelolaan Lingkungan dan Keselamatan Kerja/Teknik Kimia  
Judul : **Unjuk kerja reaktor ozonasi senyawa sianida dari industri pelapisan logam menggunakan listrik (*electroplating*)**

Industri pelapisan logam menggunakan listrik (*electroplating*) berkembang amat pesat pada skala kecil dan menengah sesuai dengan meningkatnya kebutuhan barang-barang logam berlapis. Limbah industri ini merupakan limbah yang cukup berat cemarannya diantaranya logam-logam berat dan sianida sebagai parameter kunci limbah dari industri ini. Saat ini pemerintah Indonesia melalui Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) telah menetapkan aturan yang amat ketat yaitu 0,2 mg/L pada efluen (sebelumnya 0,5 mg/L) sebagai baku mutu khusus industri pelapisan logam menggunakan listrik (*electroplating*). Penelitian bertujuan mengetahui, unjuk kerja reaktor ozon pada senyawa sianida pada variasi laju alir umpan dan pH, untuk moda paralel dan seri, baik sistem sirkulasi maupun *cascade*, sebagai salah satu opsi pengolahan limbah yang lebih bersih dan tidak menimbulkan lumpur. Waktu yang dibutuhkan penyisihan 95% sianida dari 10 ppm menjadi 0,5 ppm adalah  $\pm$  5-8 jam.

Kata kunci :

Ozonasi, Baku mutu, sirkulasi dan *cascade*.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Manfaat Penelitian .....	3
1.4 Batasan Penelitian .....	3
1.5 Model Operasional Penelitian .....	4
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Sianida Sebagai Salah Satu Bahan Berbahaya .....	5
2.2 Industri Pelapisan Logam dengan listrik ( <i>electroplating</i> ) di Indonesia .....	6
2.2.1 Masalah Lingkungan di Industri Pelapisan Logam .....	8
2.2.2 Pemilahan Sistem Pengolahan Limbah Sianida .....	8
2.3 Pengolahan Limbah Mengandung Sianida yang telah dilakukan .....	12
2.3.1 Metoda Pemisahan Menggunakan Membran .....	12
2.3.2 Metoda Oksidasi Menggunakan Oksidator (Khlor, Sulfit dan Peroksida) .....	12
2.3.3 Metoda Oksidasi Menggunakan Ozon .....	15
<b>3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
3.1 Rencana Penelitian .....	17
3.2 Deskripsi Peralatan .....	19

3.2.1. Pembangkit Ozon menggunakan transformator <i>Neon Sign</i> .....	19
3.2.2. Reaktor Ozon menggunakan injektor .....	20
3.2.3. Tangki Penampung Umpan dan Produk .....	21
3.3 Tahap Percobaan .....	22
3.3.1. Penyiapan bahan kimia untuk larutan senyawa sianida .....	22
3.3.2. Pengukuran konsentrasi ozon terlarut di air .....	22
3.3.2.1. Alat uji dan bahan .....	22
3.3.2.2. Prosedur pengujian dan pengukuran .....	23
3.3.3. Pengukuran konsentrasi sianida dan ozon terlarut di air .....	23
3.3.3.1. Alat uji dan bahan .....	23
3.3.3.2. Prosedur pengujian dan pengukuran .....	24
3.4 Pengambilan dan Pengolahan Data .....	25
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>27</b>
4.1. Penentuan laju aliran ozonasi optimum .....	27
4.2. Kenaikan Konsentrasi Ozon Terlarut .....	28
4.3. Penurunan Konsentrasi Sianida setelah Ozonisasi .....	31
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>41</b>
5.1 Kesimpulan Penelitian .....	41
5.2 Saran-saran .....	42
<b>DAFTAR REFERENSI .....</b>	<b>43</b>



**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1. Batas Konsentrasi Toksik beberapa senyawa Sianida dan turunannya .....	6
Tabel 2.2. Perbandingan Konsentrasi Efluen dan Baku Mutu Industri pelapisan logam .....	7
Tabel 2.3. Potensial Redoks Standar Pada Beberapa Spesies Oksidan .....	16
Tabel 4.1. Variasi Laju Alir Terhadap Ozon Terlarut (Operasi 2 Ozonator Secara seri) .....	27
Tabel 4.2. Kelarutan Ozon di Air Pada Laju Alir 6,5 L/menit .....	28
Tabel 4.3. Kelarutan Ozon di Air Pada Laju Alir 4 L/menit .....	29
Tabel 4.4. Kelarutan Ozon di Air Pada Laju Alir 10 L/menit .....	30
Tabel 4.5. Penurunan Konsentrasi Sianida Pada Konsentrasi Awal 5 ppm .....	32
Tabel 4.6. Penurunan Konsentrasi Sianida Pada Konsentrasi Awal 10 ppm .....	33
Tabel 4.7. Penurunan Konsentrasi Sianida Pada Konsentrasi Awal 7 ppm .....	34
Tabel 4.8. Penurunan Konsentrasi Sianida Pada Konsentrasi Awal 10 ppm .....	35
Tabel 4.9. Penurunan Konsentrasi Sianida Pada Konsentrasi Awal 10 ppm (pH 5) .....	36
Tabel 4.10. Penurunan Konsentrasi Sianida Pada Konsentrasi Awal 10 ppm (pH 10) .....	37
Tabel 4.11. Penurunan Konsentrasi Sianida Pada Konsentrasi Awal 10 ppm (pH 10) .....	38

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rencana Unit Pengolahan Sianida Pada Industri Lapis Listrik .....	11
Gambar 2.2 Skema proses INCO .....	13
Gambar 2.3 Skema Proses Degussa .....	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	17
Gambar 3.2 Skema Proses Percobaan .....	18
Gambar 3.3 Foto Peralatan Percobaan .....	19
Gambar 3.4 Foto Pompa SS, Reaktor Tubular Fiberglass dan Flowmeter .....	20
Gambar 3.5 Injektor, Pengatur Aliran Seri dan Paralel, Switch Tekanan Pompa, dan Indikator Tekanan .....	21
Gambar 3.6 Tangki Umpan dan Produk dan Sistem Perpipaan .....	21
Gambar 3.7 Foto Alat Uji Ozon Terlarut .....	22
Gambar 3.8 Foto Alat Uji Sianida (Test Strip) .....	24
Gambar 3.9 Foto Alat Uji Sianida (Micro Cuvette) .....	25
Gambar 3.10 Foto Gradasi Warna Pada Alat Uji Sianida .....	25
Gambar 4.1 Konsentrasi Ozon Terlarut di Air Pada Variasi Laju Alir Umpan .....	27
Gambar 4.2 Konsentrasi Ozon Terlarut di Air Pada Laju Alir 6.5 liter/menit .....	29
Gambar 4.3 Konsentrasi Ozon Terlarut di Air Pada Laju Alir 4 liter/menit .....	30
Gambar 4.4 Konsentrasi Ozon Terlarut di Air Pada Laju Alir 10 liter/menit .....	31
Gambar 4.5. Penurunan konsentrasi CN dan sisa O <sub>3</sub> setelah ozonisasi (6,5 L/m, pH 5)...	32
Gambar 4.6. Penurunan konsentrasi CN dan sisa O <sub>3</sub> setelah ozonisasi (4 L/m, pH 5) .....	33
Gambar 4.7. Penurunan konsentrasi CN dan sisa O <sub>3</sub> setelah ozonisasi (10 L/m, pH 5) ...	34
Gambar 4.8. Penurunan konsentrasi CN dan sisa O <sub>3</sub> setelah ozonisasi (10 L/m, pH 5) ...	35
Gambar 4.9. Penurunan konsentrasi CN dan sisa O <sub>3</sub> setelah ozonisasi (10 L/m, pH 8) ...	36
Gambar 4.10. Penurunan konsentrasi CN dan sisa O <sub>3</sub> setelah ozonisasi (10 L/m, pH 10)	37
Gambar 4.11. Penurunan konsentrasi CN dan sisa O <sub>3</sub> setelah ozonisasi (10 L/m, pH 10)	38
Gambar 4.12. Kenaikan ozon terlarut terhadap lama ozonasi pada berbagai laju alir ....	39
Gambar 4.13. Penurunan konsentrasi sianida terhadap lama ozonasi pada berbagai laju alir dan pH .....	39