



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

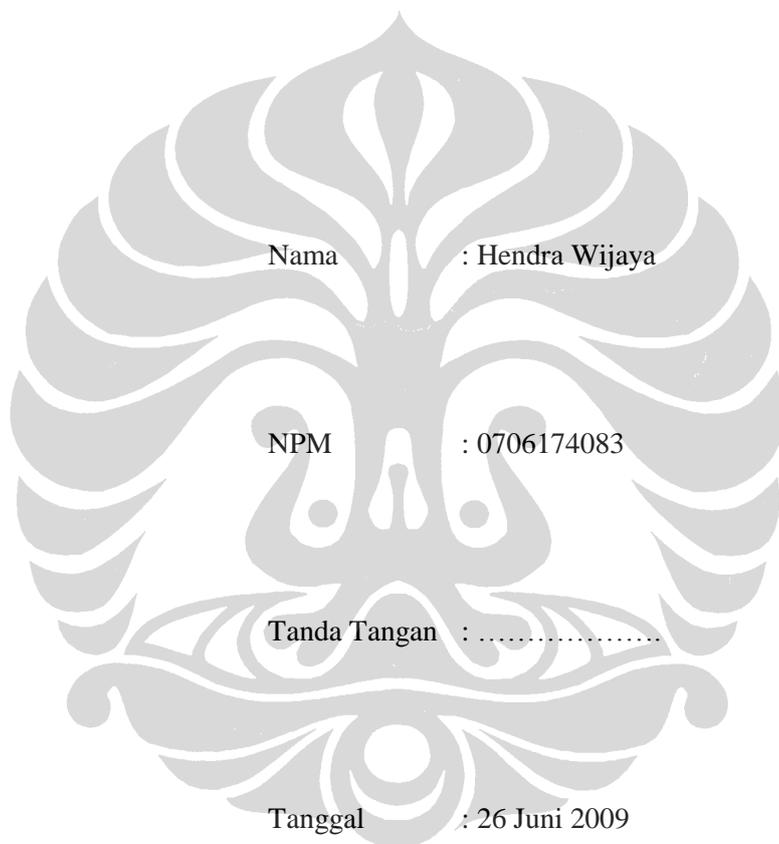
PENGELOLAAN LINGKUNGAN DAN KESELAMATAN KERJA

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
1. PENDAHULUAN	1
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
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
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
3. METODE PENELITIAN	17
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
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1. Penentuan laju aliran ozonasi optimum	27
4.2. Kenaikan Konsentrasi Ozon Terlarut	28
4.3. Penurunan Konsentrasi Sianida setelah Ozonisasi	31
5. KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan Penelitian	41
5.2 Saran-saran	42
DAFTAR REFERENSI	43

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 ₃ setelah ozonisasi (6,5 L/m, pH 5)...	32
Gambar 4.6. Penurunan konsentrasi CN dan sisa O ₃ setelah ozonisasi (4 L/m, pH 5)	33
Gambar 4.7. Penurunan konsentrasi CN dan sisa O ₃ setelah ozonisasi (10 L/m, pH 5) ...	34
Gambar 4.8. Penurunan konsentrasi CN dan sisa O ₃ setelah ozonisasi (10 L/m, pH 5) ...	35
Gambar 4.9. Penurunan konsentrasi CN dan sisa O ₃ setelah ozonisasi (10 L/m, pH 8) ...	36
Gambar 4.10. Penurunan konsentrasi CN dan sisa O ₃ setelah ozonisasi (10 L/m, pH 10)	37
Gambar 4.11. Penurunan konsentrasi CN dan sisa O ₃ 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