

KINETIKA PROSES *LEACHING* ION Ni²⁺ DARI *SPENT CATALYST* DENGAN ASAM KLORIDA DAN ASAM SULFAT SEBAGAI *LEACHANT*

Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar
sarjana di bidang ilmu Teknik Kimia

oleh :

Ivanna Crecentia Narulita S. (2014620046)

Elsha Pamida Bahri (2014620088)

Pembimbing :

Ratna Frida Susanti, Ph.D.

Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng.



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

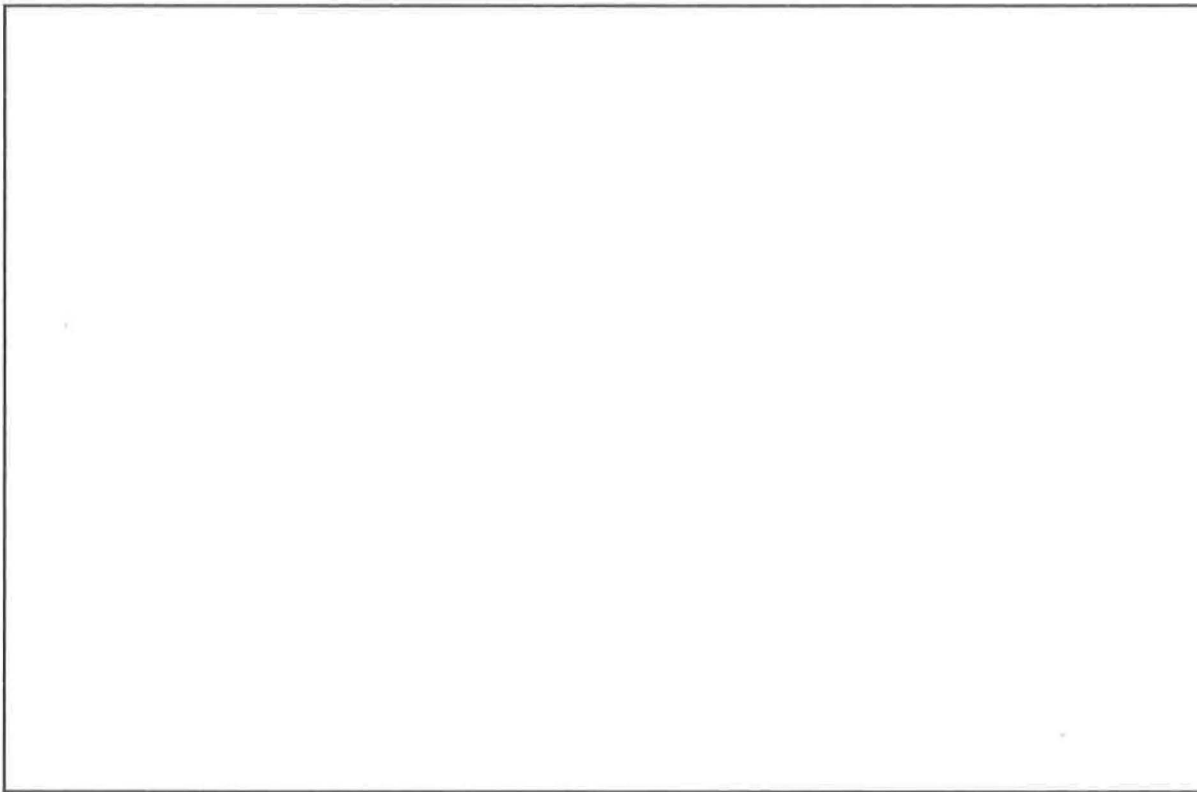
2017



LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : KINETIKA PROSES *LEACHING* ION Ni^{2+} DARI *SPENT CATALYST*
DENGAN ASAM KLOORIDA DAN ASAM SULFAT SEBAGAI
*LEACHANT***

CATATAN :



Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 21 Desember 2017

Pembimbing 1

Ratna Frida Susanti, S.T., Ph.D.

Pembimbing 2

Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng.



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**



SURAT PERNYATAAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama 1 : Ivanna Crecentia Narulita S.

NRP : 6214046

Nama 2 : Elsha Pamida Bahri

NRP : 6214088

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul :

**KINETIKA PROSES *LEACHING* ION Ni^{2+} DARI *SPENT CATALYST* DENGAN
MENGUNAKAN ASAM KLORIDA DAN ASAM SULFAT SEBAGAI
*LEACHANT***

adalah hasil pekerjaan kami dan seluruh ide, pendapat, atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini kami buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka kami bersedia menanggung sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 12 Desember 2017

Ivanna Crecentia N.S.

(6214046)

Elsha Pamida Bahri

(6214088)



LEMBAR REVISI

**JUDUL : KINETIKA PROSES *LEACHING* ION Ni^{2+} DARI *SPENT CATALYST*
DENGAN MENGGUNAKAN ASAM KLORIDA DAN ASAM SULFAT
SEBAGAI *LEACHANT***

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 4 Januari 2018

Penguji I

Susiana Prasetyo, S.T., M.T.

Penguji II

Hans Kristianto, S.T., M.T.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala berkat dan penyertaan-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul “Kinetika Proses *Leaching* Ion Ni^{2+} dari *Spent Catalyst* dengan Menggunakan Asam Klorida dan Asam Sulfat Sebagai *Leachant*”. Laporan penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus ditempuh untuk dapat mencapai gelar sarjana Strata-1 Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penyusunan laporan penelitian ini, penulis telah mendapatkan banyak bimbingan, bantuan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ratna Frida Susanti, Ph.D. selaku dosen pembimbing 1 dan Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing 2, yang telah senantiasa memberikan arahan, bimbingan, masukan, dan semangat kepada penulis selama proses penyelesaian laporan penelitian ini;
2. Ayah, Ibu, dan Kakak penulis, yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa kepada penulis agar dapat menyelesaikan laporan penelitian ini;
3. Sahabat dan rekan-rekan penulis, yang telah mendampingi, memberikan masukan, dukungan, semangat, inspirasi, serta motivasi selama proses penyelesaian laporan penelitian ini; serta
4. Semua pihak lain, yang telah membantu dalam penyelesaian laporan penelitian ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwasannya masih banyak kekurangan dan kelemahan dari laporan penelitian ini. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka dalam menerima kritik dan saran dari semua pihak untuk perbaikan laporan penelitian yang akan disusun selanjutnya. Akhir kata, penulis berharap laporan penelitian ini dapat memberikan manfaat khususnya bagi penulis, bagi pihak yang berkepentingan di bidang penelitian ini, serta semua pihak yang telah membaca laporan penelitian ini.

Bandung, 12 Desember 2017

Penulis

DAFTAR ISI

COVER DALAM.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
DAFTAR ISI	ivi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
INTISARI.....	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tema Sentral Masalah	4
1.3 Identifikasi Masalah	4
1.4 Premis	4
1.5 Hipotesis	7
1.6 Tujuan Penelitian.....	7
1.7 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 <i>Spent Catalyst</i>	9
2.2 Asam Sulfat	10
2.2.1 Kegunaan Asam Sulfat.....	11
2.2.2 Sifat Fisik.....	12
2.2.3 Sifat Kimia.....	13
2.2.4 Disosiasi Asam Sulfat.....	15
2.3 Asam Klorida	15
2.3.1 Kegunaan Asam Klorida.	16
2.3.2 Sifat Fisik.....	16

2.3.3 Sifat Kimia	17
2.4 <i>Leaching</i>	17
2.4.1 <i>Leaching</i> Logam	18
2.4.2 Mekanisme Proses <i>Leaching</i>	19
2.4.3 Faktor yang Mempengaruhi Proses <i>Leaching</i>	20
2.4.4 Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i> dengan Menggunakan Asam Klorida dan Asam Sulfat	22
2.5 Diagram Pourbaix	23
2.6 Model Kinetika.....	25
2.6.1 Model <i>Shrinking Core</i>	26
2.6.2 Model <i>Lump</i>	32
2.7 Instrumen Analisis	38
BAB III BAHAN DAN METODE PENELITIAN	41
3.1 Gambaran Umum Penelitian	41
3.2 Bahan.....	41
3.3 Alat.....	41
3.3.1 Alat Utama	42
3.3.2 Alat Pendukung	42
3.3.3 Rangkaian Alat	42
3.4 Prosedur Penelitian.....	43
3.4.1 Persiapan Awal Bahan Baku.....	43
3.4.1.1 Pembuatan Larutan Asam Klorida dan Asam Sulfat 1 M... 43	
3.4.1.2 Penentuan Densitas <i>Pulp Spent Catalyst</i>	44
3.4.1.3 Proses Penggerusan dan Pengayakan <i>Spent Catalyst</i>	45
3.4.2 Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i>	46
3.5 Metode Analisis Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i>	48
3.5.1 Perhitungan Persentase <i>Recovery</i> (% <i>Recovery</i>) Logam dalam Sampel	48
3.5.2 Penentuan Energi Aktivasi Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i> dengan Model <i>Shrinking Core</i>	48
3.5.3 Penentuan Energi Aktivasi Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i> dengan Model <i>Lump</i>	50
3.6 Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian.....	51

BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	53
4.1	Karakteristik <i>Spent Catalyst</i>	53
4.2	Pengaruh Kondisi Operasi terhadap Persentase <i>Recovery</i> Nikel pada Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i>	56
4.2.1	Pengaruh Jenis Asam terhadap Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i>	57
4.2.2	Pengaruh Temperatur terhadap Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i>	60
4.3	Kinetika Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i>	61
4.3.1	Model <i>Shrinking Core</i> (SCM).....	61
4.3.2	Evaluasi Model <i>Shrinking Core</i>).....	63
4.3.3	Penentuan Energi Aktivasi.....	66
4.3.4	Model <i>Lump</i>	68
4.3.4.1	Perbandingan Model <i>Shrinking Core</i> dengan Model <i>Lump</i> ...	69
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1	Kesimpulan.....	73
5.2	Saran	73
	DAFTAR PUSTAKA.....	74
	LAMPIRAN A LEMBAR DATA KESELAMATAN BAHAN	78
	LAMPIRAN B PROSEDUR ANALISIS.....	82
	LAMPIRAN C DATA PERCOBAAN DAN HASIL ANTARA	85
	LAMPIRAN D CONTOH PERHITUNGAN	107
	LAMPIRAN E <i>SCRIPT MATLAB</i> (MODEL <i>LUMP</i>).....	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Spent Catalyst</i>	9
Gambar 2.2	Rumus Kimia Asam Sulfat (H_2SO_4)	11
Gambar 2.3	Reaksi Kimia dari Asam Sulfat.	14
Gambar 2.4	Skema Diagram Proses <i>Leaching</i> Satu Tahap.	19
Gambar 2.5	Mekanisme Proses <i>Leaching</i>	20
Gambar 2.6	Diagram Pourbaix untuk Ni saat 80°C.....	24
Gambar 2.7	Visualisasi Model <i>Shrinking Core</i>	27
Gambar 2.8	Skema Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i> dengan Model <i>Shrinking Core</i>	27
Gambar 2.9	Skematik Profil Konsentrasi <i>Unreacted Core</i> pada Model <i>Shrinking Core</i>	28
Gambar 2.10	Skema Difusi pada Lapisan Film.	29
Gambar 2.11	Skema Difusi pada Lapisan Abu.....	30
Gambar 2.12	Skema Reaksi Kimia.	31
Gambar 2.13	Ilustrasi Penyusunan Model <i>Lump</i>	32
Gambar 2.14	Ilustrasi Penyusunan Model <i>Lump</i>	33
Gambar 2.15	Instrumen AAS.	38
Gambar 3.1	Skema Rangkaian Alat Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i>	43
Gambar 3.2 (a)	Proses Pembuatan Asam Klorida 1 M.	44
Gambar 3.2 (b)	Proses Pembuatan Asam Sulfat 1 M.	44
Gambar 3.3	Penentuan Densitas <i>Pulp</i> Sampel <i>Spent Catalyst</i>	44
Gambar 3.4 (a)	<i>Spent Catalyst</i> Sebelum Ditumbuk.	45
Gambar 3.4 (b)	Padatan <i>Spent Catalyst</i> Setelah Ditumbuk.....	45
Gambar 3.5	Diagram Alir Proses Pengayakan <i>Spent Catalyst</i>	46
Gambar 3.6	Diagram Alir Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i>	47
Gambar 3.7	Proses <i>Leaching</i>	47
Gambar 3.8	Algoritma Pencarian Nilai α dan β dengan Iterasi secara Numerik....	51
Gambar 4.1	Grafik hasil XRD sampel <i>Spent Catalyst</i>	54
Gambar 4.2	Diagram Pourbaix untuk Ni saat 80°C.	56
Gambar 4.3 (a)	Pengaruh temperatur terhadap persentase <i>recovery</i> nikel untuk <i>leaching</i> menggunakan HCl 1 M.	58

Gambar 4.3 (b)	Pengaruh temperatur terhadap persentase <i>recovery</i> nikel untuk <i>leaching</i> menggunakan H ₂ SO ₄ 1 M.....	58
Gambar 4.4 (a)	Perbandingan fraksi <i>recovery</i> antara data percobaan dengan data simulasi <i>model shrinking core</i> menggunakan persamaan $y=mx+c$	63
Gambar 4.4 (b)	Perbandingan fraksi <i>recovery</i> antara data percobaan dengan data simulasi <i>model shrinking core</i> menggunakan persamaan $y=mx$	64
Gambar 4.5 (a)	Grafik pengaluran $\ln k_d$ terhadap $1/T$ untuk tahap difusi lapisan abu mengontrol pada <i>leaching</i> menggunakan HCl 1 M.....	66
Gambar 4.5 (b)	Grafik pengaluran $\ln k_d$ terhadap $1/T$ untuk tahap difusi lapisan abu mengontrol pada <i>leaching</i> menggunakan H ₂ SO ₄ 1 M.....	67
Gambar 4.6	Perbandingan fraksi <i>recovery</i> antara data percobaan dengan data simulasi model <i>lump (matlab)</i>	69
Gambar 4.7	Perbandingan fraksi <i>recovery</i> nikel hasil simulasi model <i>lump</i> dengan model <i>shrinking core</i>	70
Gambar 4.8 (a)	Grafik Pengaluran $\ln k_f$ terhadap $1/T$ untuk HCl 1 M dengan model <i>lump</i>	72
Gambar 4.8 (b)	Grafik Pengaluran $\ln k_f$ terhadap $1/T$ untuk H ₂ SO ₄ 1 M dengan model <i>lump</i>	72

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Jumlah Limbah <i>Spent Catalyst</i> PT. Pupuk Indonesia pada tahun 2015 ..	2
Tabel 1.2	Premis <i>Recovery</i> Proses <i>Leaching</i> dengan <i>Spent Catalyst</i>	5
Tabel 1.3	Premis Perolehan Nilai Energi Aktivasi (E_a) pada Proses <i>Leaching</i> dengan <i>Spent Catalyst</i>	6
Tabel 2.1	Sifat Fisika Asam Sulfat	12
Tabel 2.2	Sifat Fisika Asam Klorida	17
Tabel 3.1	Nilai % <i>Recovery</i> Nikel	48
Tabel 3.2	Hasil Nilai Konstanta Laju Pengendali Proses <i>Leaching</i> dan nilai R^2 ..	49
Tabel 3.3	Jadwal Kerja Penelitian	52
Tabel 4.1	Hasil Uji EDX Sampel Awal Dalam <i>Spent Catalyst</i>	53
Tabel 4.2	Perbandingan hasil persentase <i>recovery</i> nikel antara HCl 1 M dan H ₂ SO ₄ 1 M.	57
Tabel 4.3 (a)	Nilai konstanta pengendali k_f , k_d , k_r dan (R^2) HCl 1 M pada variasi temperatur.	62
Tabel 4.3 (b)	Nilai konstanta k_d menggunakan HCl 1 M pada variasi temperatur	62
Tabel 4.3 (c)	Nilai konstanta pengendali k_f , k_d , k_r dan (R^2) H ₂ SO ₄ 1 M pada variasi temperatur.	62
Tabel 4.3 (d)	Nilai konstanta k_d menggunakan H ₂ SO ₄ 1 M pada variasi temperatur	62
Tabel 4.4	Perbandingan hasil persentase kesalahan (<i>error</i>) rata-rata antara HCl 1 M dan H ₂ SO ₄ 1 M pada variasi temperatur	65
Tabel 4.5	Perbandingan persentase kesalahan (<i>error</i>) rata-rata antara HCl 1 M dan H ₂ SO ₄ 1 M pada model <i>Shrinking Core</i> dan model <i>Lump</i>	70
Tabel 4.6	Perbandingan nilai konstanta laju reaksi (k_r) dan konstanta difusivitas efektif (D_e) antara HCl 1 M dan H ₂ SO ₄ 1 M pada variasi temperatur ..	71

DAFTAR SIMBOL

a	= koefisien komponen A (asam sulfat)
A	= asam sulfat
b	= koefisien stoikiometri komponen B (logam nikel atau aluminium)
B	= logam yang akan diambil (nikel atau aluminium)
C_A	= konsentrasi A pada permukaan <i>unreacted zone</i> , mol A/volume
C_{AI}	= konsentrasi A pada media asam (<i>bulk</i>), mol A/volume
C_{As}	= konsentrasi A pada permukaan partikel, mol A/volume
C_p	= konsentrasi logam nikel atau aluminium yang terukur dalam fase cair, ppm
De	= konstanta difusivitas efektif, luas/waktu
ε	= absorptivitas molar, /M cm
Ea	= energi aktivasi, J/mol
k	= konstanta kecepatan reaksi
k_c	= koefisien transfer massa, panjang/waktu
k_f	= konstanta laju reaksi, /menit
k_d	= konstanta laju reaksi, /menit
k_r	= konstanta reaksi, /waktu
M_B	= berat molekul B (logam nikel atau aluminium), g/mol
N_A	= jumlah mol A (asam sulfat), mol
N_{A1}	= laju transfer massa A pada lapisan film cairan, mol A/luas/waktu
N_{A2}	= laju transfer massa A pada lapisan abu, mol A/luas/waktu
N_B	= jumlah mol B (logam nikel atau aluminium), mol
ρ_B	= massa jenis B (logam nikel atau aluminium), massa/volume
r	= jari-jari partikel setiap posisi
R	= konstanta (=8,314 J/mol/K)
$-r_A$	= kecepatan reaksi, mol A/volume/waktu
r_c	= jari-jari partikel yang belum bereaksi, cm
R_p	= jari-jari partikel, cm
SSE	= <i>Sum Square of Error</i>
t	= waktu, menit
T	= temperatur, K
x	= fraksi yang bereaksi pada metode <i>shrinking core</i>

- X = persentase *recovery* logam nikel atau aluminium, %
V = volume larutan, mL

INTISARI

Indonesia kaya akan sumber daya alam, termasuk sumber daya alam tak terbarukan seperti nikel. Kebutuhan nikel di Indonesia mengalami peningkatan yang cukup tinggi pada periode tahun 2003- 2009, yaitu dari 4.395.429 ton pada tahun 2003 menjadi 10.847.141 ton pada tahun 2009 atau mengalami kenaikan hampir 2,5 kali lipat. Hal tersebut menimbulkan permasalahan yang akan dihadapi di masa mendatang dimana sumber daya alam yang tak terbarukan akan semakin menipis dan sulit diperoleh, sehingga akan mengganggu pertumbuhan industri. Oleh karena itu, studi terkait perolehan nikel dari sumber sekunder perlu untuk dilakukan, salah satunya adalah *spent catalyst*. *Spent catalyst* merupakan limbah katalis hasil pemrosesan yang tidak dapat dipergunakan lagi, namun masih mengandung logam berharga seperti aluminium (Al) sebesar 40,3% dan nikel (Ni) 13,5% yang dapat di *recovery*. Pada tahun 2015 PT. Pupuk Indonesia menghasilkan 617 ton limbah *spent catalyst*. Dengan adanya daur ulang atau *recovery spent catalyst*, menjadikan *spent catalyst* sebagai sumber sekunder perolehan nikel. Salah satu proses pengolahan *spent catalyst* yang dapat dilakukan dalam skala industri adalah proses *leaching*. Selain itu, akan dievaluasi model kinetika yang cocok untuk menggambarkan proses *leaching spent catalyst*.

Proses *leaching spent catalyst* pada penelitian ini dilakukan di dalam sebuah ekstraktor *batch* berupa labu leher tiga 500 mL dilengkapi dengan kondensor dan *water bath*. *Spent catalyst* yang digunakan berasal dari PT Petrokimia Gresik, Indonesia. Variabel ekstraksi yang divariasikan adalah jenis pelarut asam, yaitu asam klorida 1 M dan asam sulfat 1 M sebagai *leachant* serta temperatur ekstraksi, yaitu 30,60, dan 85°C dengan ukuran partikel padatan *spent catalyst* -200 mesh dan rasio umpan sebesar 1:5, kecepatan pengadukan 200 rpm selama 120 menit. Pada penelitian didapatkan nilai persentase *recovery* nikel dengan menggunakan instrument AAS. Model kinetika *shrinking core* dan model *lump* akan digunakan untuk dapat menggambarkan kinetika proses *leaching spent catalyst*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *recovery* nikel dengan menggunakan asam klorida sebesar 14,7% dan untuk asam sulfat sebesar 16,95% pada temperatur 85°C. Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa proses *leaching spent catalyst* dengan model *shrinking core* dikontrol oleh tahap difusi melalui lapisan abu. Model *lump* dengan tahap reaksi dan tahap difusi mengontrol proses *leaching* merupakan model yang paling sesuai untuk menggambarkan mekanisme proses *leaching* yang sebenarnya karena memiliki persentase kesalahan relatif yang lebih kecil yaitu 5,32% dibandingkan dengan hasil simulasi menggunakan model *shrinking core* 11,57% untuk jenis asam klorida pada suhu 85°C.

Kata Kunci: *Leaching, Spent Catalyst, Asam Klorida, Asam Sulfat, Shrinking Core*

ABSTRACT

Indonesia is a rich country in natural resources, including non-renewable natural resources such as nickel. In Indonesian, the nickel's demand increases as well, in the period 2003-2009, from 4,395,429 tons in 2003 to 10,847,141 tons in 2009 or an increase of almost 2.5 times. This creates a problem to be faced in the future where non-renewable natural resources will be increasingly depleted and difficult to obtain, which will disturb industry growth. Therefore, studies related to the recovery of metal minerals from alternative sources or secondary sources need to be done. One alternative source that contains many metal minerals is spent catalyst. Spent catalyst is a catalyst waste that can't be used anymore, but still contains valuable metals like aluminum (Al) 40.3%, and nickel (Ni) 13.5% that can be recovered. Data in 2015 showed that PT Pupuk Indonesia produces 617 tons of spent catalyst waste from its subsidiaries. With the recycling or recovery of spent catalyst, making spent catalyst as a secondary source of metal recovery. One of the processing methods of spent catalyst which can be done in industrial scale is acid leaching. Furthermore, a suitable kinetic model will be evaluated to describe the leaching of spent catalyst process.

The leaching of spent catalyst process in this study was done in a 500 mL three-neck batch reactor with a condenser and water bath. The raw material used in this research was spent catalyst from PT Petrokimia Gresik, Indonesia. Some variables of extraction were varied are the type of acid solution, hydrochloric acid 1M and sulfuric acid 1M and operating temperature, 30, 60, and 85°C with the particle size of spent catalyst -200 mesh and the feed ratio of 1: 5, 200 rpm stirring for 120 minutes. The nickel recovery percentage was obtained by using AAS instrument. The kinetic models shrinking core and lump model will be used to illustrate the kinetics of the leaching of spent catalyst process.

The results showed that the value of nickel recovery using hydrochloric acid was 14.7% and for sulfuric acid was 16.95% at 85°C. In addition, the result showed that the leaching process of spent catalyst with the shrinking core model was controlled by the diffusion step through the ash layer. The lump model with the reaction stage and the diffusion stage controlling the leaching process was the most appropriate model to describe the actual leaching process mechanism because it has a smaller relative error percentage of 5.32% compared with the simulation result using the shrinking core model of 11.57% for the type of hydrochloric acid at 85 °C.

Key words: *Leaching, Spent Catalyst, Hydrochloric Acid, Sulfuric Acid, Shrinking Core*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam, termasuk sumber daya alam tak terbarukan seperti mineral logam. Mineral logam sendiri merupakan bahan tambang Indonesia yang harus dimanfaatkan seoptimal mungkin demi meningkatkan kesejahteraan rakyat. Salah satu mineral logam yang paling banyak dimanfaatkan dalam industri kimia adalah logam nikel. Nikel merupakan logam berwarna perak keputihan yang mempunyai kemampuan untuk menahan terjadinya korosi dan proses oksida.^[1] Logam nikel dapat diperoleh dari 2 (dua) jenis batuan nikel, yaitu nikel sulfida dan nikel laterit.

Nikel biasanya dimanfaatkan pada industri manufaktur, alat-alat rumah tangga, dan industri otomotif. Setiap tahunnya, sejalan dengan perkembangan industri yang terus mengalami peningkatan, maka kebutuhan akan nikel mengalami peningkatan pula. Kebutuhan nikel di Indonesia mengalami peningkatan yang cukup tinggi pada periode tahun 2003- 2009, yaitu dari 4.395.429 ton pada tahun 2003 menjadi 10.847.141 ton pada tahun 2009 atau mengalami kenaikan hampir 2,5 kali lipat. Hal tersebut menimbulkan permasalahan yang akan dihadapi di masa mendatang di mana sumber daya alam yang tak terbarukan akan semakin menipis dan sulit diperoleh, sehingga akan mengganggu pertumbuhan industri. Oleh karena itu, studi terkait perolehan mineral logam dari sumber alternatif atau sumber sekunder perlu untuk dilakukan.

Salah satu sumber alternatif yang banyak mengandung mineral logam adalah *spent catalyst*. *Spent catalyst* merupakan limbah katalis hasil dari pemrosesan di dalam reaktor yang tidak dapat dipergunakan lagi, sehingga harus dibuang. Namun, *spent catalyst* tersebut masih mengandung senyawa-senyawa logam yang berharga, seperti aluminium, nikel, kalsium, silika, belerang, dan lain-lain.^[2] Kandungan logam tersebut menyebabkan *spent catalyst* digolongkan kedalam limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 18 Tahun 1999, sehingga dibutuhkan metode pengelolaan yang tepat dan aman untuk dapat dibuang ke lingkungan.

Salah satu industri yang menghasilkan *spent catalyst* terbanyak di Indonesia adalah PT. Pupuk Indonesia. Dimana data pada tahun 2015 menunjukkan bahwa PT. Pupuk

Indonesia menghasilkan 617 ton limbah *spent catalyst* dari anak perusahaannya yang disajikan pada **Tabel 1.1**.

Tabel 1.1 Jumlah Limbah *Spent Catalyst* PT. Pupuk Indonesia tahun 2015

Jenis Limbah	Volume (ton)				TOTAL
	PT Petrokimia Gresik	PT Pupuk Kujang	PT Pupuk Kalimantan Timur	PT Pupuk Sriwidjaja Palembang	
Katalis bekas <i>Catalyst waste</i>	43,00	0,00	301,28	272,72	617,00

Sumber : PT. Pupuk Indonesia (Persero) tahun 2015

Melimpahnya jumlah limbah *spent catalyst* menyebabkan pengelolaan limbah yang sekaligus pemanfaatannya perlu untuk ditingkatkan. Selama ini limbah *spent catalyst* hanya dimanfaatkan dalam pencampuran semen untuk bahan bangunan dan campuran aspal, oleh karena itu peneliti mencoba memanfaatkan limbah *spent catalyst* tersebut sebagai sumber sekunder untuk perolehan mineral logam, mengingat *spent catalyst* yang masih mengandung senyawa logam. Hal tersebut dapat membantu mengatasi permasalahan lingkungan dalam pengurangan limbah padat katalis, sehingga tingkat pencemaran lingkungan dapat menurun.

Secara umum, *spent catalyst* mengandung komposisi logam aluminium, nikel, kalsium, magnesium, dan karbon sebesar 40,3%, 13,5%, 0,33 %, 0,05%, dan 1,08% secara berurutan.^[3] Logam nikel memiliki kandungan yang cukup besar dibandingkan dengan logam yang lain, sehingga pada penelitian ini peneliti akan memfokuskan pada perolehan kembali (*recovery*) logam nikel.

Untuk dapat memperoleh logam nikel tersebut metode yang paling sering digunakan adalah proses *leaching*. Sejak beberapa dekade yang lalu, beberapa penelitian terkait proses *leaching* dengan menggunakan berbagai macam metode dan parameter untuk memaksimalkan hasil perolehan kembali (*recovery*) logam nikel dari *spent catalyst* telah dilakukan. Beberapa parameter tersebut di antaranya jenis *leachant* yang digunakan, konsentrasi *leachant*, ukuran partikel *spent catalyst*, dan temperatur operasi. Temperatur merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi berlangsungnya proses *leaching*. Tingginya temperatur saat pengoperasian dapat mempengaruhi kecepatan proses *leaching* tersebut. Hal ini dapat dibuktikan dengan persamaan Arrhenius yang menyatakan bahwa

semakin tinggi temperatur operasi, maka semakin tinggi nilai kecepatan reaksi. Faktor lain yang mempengaruhi proses *leaching spent catalyst* adalah jenis asam yang digunakan.

Abdel dan Rashad (2004)^[4] adalah salah satu peneliti yang pernah melakukan penelitian proses *leaching* logam dari *spent catalyst* dengan menggunakan *spent catalyst* dari Mesir. Dalam penelitiannya Abdel dan Rashad (2004)^[4] menggunakan asam sulfat sebagai *leachant* dengan konsentrasi 50% dan penggunaan temperatur operasi sebesar 100°C selama 5 jam pengoperasian dan ukuran partikel lebih kecil dari 500 micron. Hasil dari penelitiannya menunjukkan 99% nikel dapat ter-*recovery*. Selain itu, Chaudhary, A.J (1993) pernah melakukan penelitian proses *leaching* logam dari *spent catalyst* dengan menggunakan asam klorida dengan konsentrasi 9,5 M dan penggunaan temperatur operasi sebesar 80°C. Hasil dari penelitiannya menunjukkan 73% nikel dapat ter-*recovery*.

Dari hasil penelitian tersebut, hasil *recovery* logam nikel dengan menggunakan asam sulfat menunjukkan angka yang lebih besar dibandingkan dengan asam klorida, sehingga dapat dikatakan bahwa proses *leaching* dengan asam sulfat sebagai *leachant* lebih baik jika dibandingkan dengan asam klorida, untuk *recovery* logam nikel dari *spent catalyst*. Hal tersebut disebabkan karena asam sulfat merupakan asam diprotik yang dapat mendonorkan dua ion hidrogen (proton), jika dibandingkan dengan asam klorida yang merupakan asam monoprotik di mana hanya dapat menyumbangkan satu ion hidrogen (proton) saja.^[5]

Penyusunan model matematis yang terkait dalam proses *leaching spent catalyst* juga menjadi objek studi penelitian. Hal ini perlu untuk dilakukan karena model matematis dan tetapan parameter yang terkait akan membantu dalam pengaplikasian proses ini dalam skala industri. Selama ini, penelitian mengenai proses *leaching spent catalyst*, seperti penelitian yang dilakukan Chaudhary, dkk. (1993)^[6] dan Sheik, dkk. (2013)^[7] menggunakan model matematis *shrinking core* yang terdapat dalam buku teks *Chemical Reaction Engineering* (Levenspiel, 1972)^[8]. Model matematis *shrinking core* dianggap sebagai model matematis yang paling sesuai untuk proses *leaching*. Namun, Wanta, K.C dkk. (2016)^[1] mengungkapkan bahwa penggunaan model *shrinking core* tidak cocok untuk menggambarkan fenomena dari proses *leaching*, sehingga diperlukan pengembangan model matematis yang dapat menggambarkan fenomena fisik proses *leaching* yang lebih baik.

Dalam penelitian ini, peneliti mencoba untuk menyusun dan melengkapi informasi perihal model matematis pada proses *leaching* yang sesuai dengan hasil penelitian dan

mempelajari lebih lanjut kondisi eksperimental yang mempengaruhi proses *leaching spent catalyst*, seperti jenis asam dan temperatur saat pengoperasian. Penelitian akan dilakukan dengan bahan baku *spent catalyst* yang berasal dari PT. Petrokimia Gresik Indonesia dengan ukuran -200 mesh yang akan dilarutkan dengan asam klorida dan asam sulfat 1 M pada temperatur operasi 30°C, 60°C, dan 85°C, dengan kecepatan pengadukan 200 rpm, dimana proses *leaching* akan berlangsung selama 120 menit.

1.2 Tema Sentral Masalah

Penelitian ini akan mempelajari parameter-parameter yang dapat mempengaruhi nilai persentase *recovery* logam nikel pada proses *leaching spent catalyst*, khususnya parameter jenis asam (*leachant*) dan temperatur. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai mekanisme proses *leaching spent catalyst* dengan menggunakan asam klorida dan asam sulfat, sehingga akan dapat disimpulkan model kinetika yang paling baik untuk menggambarkan mekanisme proses *leaching* tersebut berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan.

1.3 Identifikasi Masalah

Berdasarkan studi pustaka yang diperoleh dan tema sentral masalah yang dirumuskan di atas, beberapa masalah yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana pengaruh jenis asam terhadap nilai persentase *recovery* logam nikel pada proses *leaching spent catalyst* ?
2. Bagaimana pengaruh temperatur operasi terhadap nilai persentase *recovery* nikel pada proses *leaching spent catalyst* dengan menggunakan pelarut asam klorida dan asam sulfat?
3. Model kinetika manakah yang sesuai dengan proses *leaching spent catalyst* dengan menggunakan asam klorida dan asam sulfat sebagai *leachant*?

1.4 Premis

Berdasarkan studi literatur, diperoleh berbagai parameter yang berkaitan dengan penelitian ini. Premis-premis dari penelitian disajikan dalam bentuk **Tabel 1.2** dan **Tabel 1.3**.

Tabel 1.2 Premis *Recovery* Proses *Leaching* dengan *Spent Catalyst*

Peneliti	Parameter						Hasil <i>Recovery</i> Nikel
	Jenis <i>Spent Catalyst</i>	Jenis <i>Leachant</i>	Ukuran Partikel <i>Spent Catalyst</i>	Konsentrasi <i>Leachant</i>	Waktu Operasi	Temperatur Operasi	
A	<i>Spent Catalyst</i> mengandung 17,7% Ni	HCl		9,5 M		80°C	73%
B	<i>Spent Ni–Al₂O₃ Catalyst</i> (12,7% Ni, 39,2% Al dan 0,68% Fe)	HCl	50–71 mm	1 M	2 jam	50°C	99%
C	<i>Spent hydrogenation Catalysts</i>	HCl		4 N	2 jam	90°C	98,5 %
D	<i>Spent Catalyst</i> ammonia synthesis gases	HCl	3-8 mm	3 M	3 jam	60°C	99%
E	(NiO/Al ₂ O ₃)	H ₂ SO ₄	0,09 mm	15 M	50 menit	70°C	99%
F	Egyptian <i>Spent Catalyst</i>	H ₂ SO ₄	Kecil dari 500 µm	9,4 M	5 jam	100°C	99%
G	<i>Spent NiO–Al₂O₃ Catalyst</i>	H ₂ SO ₄	75–601 µm	1,5–5 M	30 min	60–90 °C	90 %
H	<i>Spent Nickel Oxide Catalyst</i>	H ₂ SO ₄	200 + 270 mesh	9,4 M	150 menit	85°C	94%

Tabel 1.3 Tabel Premis Perolehan Nilai Energi Aktifasi (E_a) pada Proses *Leaching* dengan *Spent Catalyst*

Peneliti	Parameter			
	Jenis <i>Spent Catalyst</i>	Jenis <i>Leachant</i>	Model Kinetika	Energi Aktivasi (kJ/mol)
G	<i>Spent NiO–Al₂O₃ Catalyst</i>	H ₂ SO ₄	<i>Shrinking core</i> (lapisan film yang mengontrol)	83,44
B	<i>Spent Ni–Al₂O₃ Catalyst</i> (12,7% Ni, 39,2% Al dan 0,68% Fe)	HCl	<i>Shrinking core</i>	17
H	<i>Spent Nickel Oxide Catalyst</i>	H ₂ SO ₄	<i>Shrinking core</i> (difusi film dan reaksi kimia yang mengontrol)	41,1
I	<i>Spent Nickel Oxide Catalyst</i> (NiO/Al ₂ O ₃)	H ₂ SO ₄	<i>Shrinking core</i> (difusi internal/abu yang mengontrol)	16,6
J	<i>Zinc Plant Residue</i>	H ₂ SO ₄	<i>Shrinking core</i> (difusi internal/abu yang mengontrol)	9,06

Keterangan :

- A = Chaudhary, A.J., Donaldson, J.D., Boddington, S.C., Grimes, S.M. (1993).^[6]
 B = Parhi, P.K., Park, K.H., Senanayake, G. (2013).^[9]
 C = Garole D.J. dan Sawant A.D. (2012).^[10]
 D = Miazga, B dan Mulak, W (2008).^[11]
 E = Ivascan, St. dan Roman, O. (1975).^[12]
 F = Al-Mansi, N.M. dan Abdel Monem, N.M. (2002).^[13]
 G = Sheik, A.R., Ghosh, M.K., Sanjay, K., Subbaiah, T., Mishra, B.K. (2013).^[7]
 H = Abdel E.A. dan Rashad M.M. (2004).^[4]
 I = Mulak, W., Miazga, B., dan Szymczycha, A. (2005).^[3]
 J = Gharabaghi, M., Irannajad, M., dan Azadmehr, A.R (2012).^[15]

1.5 Hipotesis

Hipotesis yang dapat disusun berdasarkan studi pustaka yang telah dilakukan yaitu:

1. Jenis asam sulfat (H_2SO_4) akan memberikan nilai persentase *recovery* yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan asam klorida (HCl).^[6,12]
2. Semakin tinggi temperatur operasi yang digunakan pada proses *leaching*, maka persentase *recovery* logam nikel akan semakin tinggi.^[13]
3. Model kinetika yang lebih cocok untuk menggambarkan mekanisme proses *leaching spent catalyst* menggunakan pelarut asam klorida dan asam sulfat adalah model *lump* dengan ketiga tahap yang mengontrol.^[1]

1.6 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mempelajari pengaruh jenis asam terhadap nilai persentase *recovery* nikel pada proses *leaching spent catalyst* dengan menggunakan larutan asam klorida dan asam sulfat
2. Mempelajari pengaruh temperatur operasi terhadap nilai persentase *recovery* nikel pada proses *leaching spent catalyst* dengan menggunakan larutan asam klorida dan asam sulfat
3. Mempelajari model kinetika yang sesuai dengan proses *leaching spent catalyst* dengan menggunakan asam klorida dan asam sulfat sebagai *leachant*.

1.7 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi beberapa pihak, antara lain:

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Dapat memahami proses *leaching spent catalyst* menggunakan asam klorida dan asam sulfat untuk *recovery* logam nikel yang terkandung di dalam *spent catalyst*.
 - b. Dapat mengetahui pengaruh jenis asam dan temperatur operasi pada proses *leaching spent catalyst* menggunakan pelarut asam klorida dan asam sulfat terhadap persentase *recovery* logam nikel yang diperoleh.
2. Bagi Lembaga Pendidikan

Dapat menambah wawasan mengenai proses *leaching spent catalyst* menggunakan pelarut asam klorida dan asam sulfat.

3. Bagi Industri dan Pemerintah

- a. Dapat mengetahui jenis asam dan temperatur operasi yang sebaiknya digunakan untuk proses *leaching spent catalyst* menggunakan pelarut asam klorida dan asam sulfat agar persentase *recovery* logam nikel yang diperoleh maksimal.
- b. Dapat mengurangi limbah industri, khususnya limbah padat *spent catalyst* sehingga pencemaran lingkungan dapat berkurang pula.
- c. Diharapkan dapat membantu pemerintah Indonesia dalam rangka pemanfaatan sumber sekunder *spent catalyst*, sehingga dapat diaplikasikan dalam skala industri untuk membantu perekonomian Indonesia.