

STUDI KINETIKA PROSES *LEACHING SPENT* CATALYST Ni/ γ -Al₂O₃ DENGAN MENGGUNAKAN LARUTAN ASAM LAKTAT

Laporan Penelitian

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

oleh :

Ida Bagus Agung Pradipta Putra

(2017620082)

Michael Ciawi

(2017620099)

Pembimbing :

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

Anastasia Prima Kristijarti, S. Si., M.T.



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

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : STUDI KINETIKA PROSES *LEACHING SPENT CATALYST* Ni/ γ -Al₂O₃
DENGAN MENGGUNAKAN LARUTAN ASAM LAKTAT**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 20 Agustus 2021

Pembimbing 1

Pembimbing 2


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


Anastasia Prima Kristijarti, S. Si., M.T



PROGAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ida Bagus Agung Pradipta Putra
Michael Ciawi

NRP : 6217082
6217099

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul :

**STUDI KINETIKA PROSES *LEACHING SPENT CATALYST* Ni γ -Al $_2$ O $_3$
DENGAN MENGGUNAKAN LARUTAN ASAM LAKTAT**

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

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

Bandung, 20 Agustus 2021



Ida Bagus Agung Pradipta Putra ;
(2017620082)



Michael Ciawi
(2017620099)

INTISARI

Spent catalyst banyak mengandung logam berat yang berbahaya terhadap lingkungan. Oleh karena itu, *spent catalyst* harus diolah terlebih dahulu agar keberadaannya tidak merusak lingkungan. Proses pengolahan *spent catalyst* disebut sebagai proses *recovery*. Proses *recovery* dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya yaitu *leaching* dengan menggunakan pelarut asam. Prinsip yang digunakan pada proses *leaching* yaitu perpindahan massa secara difusi pada perbatasan antara fasa padat dan fasa cair. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi dan adanya perbedaan kemampuan melarut komponen dalam campuran. Selain itu, *leaching* juga disertai reaksi yang melibatkan agen *leaching* dan senyawa logam yang terdapat dalam padatan

Dalam penelitian ini, digunakan asam laktat sintetis untuk mengekstrak logam nikel dan aluminium dari *spent catalyst*. *Leaching spent catalyst* dilakukan untuk mendapatkan *recovery* logam nikel dan aluminium yang dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan baku untuk proses industri. *Spent catalyst* diekstrak menggunakan larutan asam laktat (0,5 M, 1,5 M, 2,5 M, dan 4,5 M) dengan variasi suhu (30 °C, 45°C, 60°C, 75°C, dan 90°C). Operasi *leaching* ini dilakukan menggunakan sistem batch selama 4 jam. Analisis yang dilakukan adalah uji kadar ion nikel (Ni^{2+}) dan ion aluminium (Al^{3+}) dalam fasa cair untuk mengetahui nikel dan aluminium yang terekstrak dengan menggunakan metode Spektrofotometer UV-Vis. Perhitungan kinetika pada *leaching spent catalyst* dilakukan dengan bantuan model *shrinking core* dengan tujuan untuk menentukan pengontrol tahapan yang dominan dalam proses *leaching* ion nikel (Ni^{2+}) dan ion aluminium (Al^{3+}) dari *spent catalyst*. Selain itu, dilakukan juga perhitungan energi aktivasi menggunakan persamaan Arrhenius.

Semakin tinggi temperatur operasi, semakin tinggi % *recovery* baik untuk ion Ni (II) dan ion Al (III). *Recovery* ion logam Ni (II) dan Al (III) paling tinggi dicapai pada kondisi temperatur 90°C dengan menggunakan larutan asam laktat 4,5 M menit ke-240 yaitu sebesar 62,75% untuk Ni (II) dan 29,71% untuk Al (III). Semakin tinggi konsentrasi asam laktat yang digunakan, semakin tinggi % *recovery* untuk ion Ni (II) dan ion Al (III). Pada variasi konsentrasi asam laktat, % *recovery* paling baik yaitu pada asam laktat 4,5M pada menit ke-240 yaitu sebesar 16,35% untuk Ni (II) dan 27,6% untuk Al (III). Semakin lama waktu ekstraksi, semakin tinggi % *recovery* untuk ion Ni (II) dan ion Al (III). Secara kinetika, proses *leaching* ion Ni (II) dan ion Al (III) dari *spent catalyst* Ni/ γ - Al_2O_3 dikontrol oleh proses difusi *ash* dengan energi aktivasi yang diperoleh sebesar 41,82 kJ/mol untuk Ni (II) dan 1,99 kJ/mol untuk Al (III)

Kata kunci: *spent catalyst*, *leaching*, asam laktat, *shrinking core*

ABSTRACT

Spent catalysts contain a lot of heavy metals that are harmful to the environment. Therefore, spent catalyst must be processed first so that its presence does not damage the environment. The spent catalyst treatment process is referred to as the recovery process. The recovery process can be carried out in various ways, one of which is leaching using an acid solvent. The principle used in the leaching process is mass transfer by diffusion at the boundary between the solid phase and the liquid phase. This happens because of differences in concentration and differences in the ability to dissolve components in the mixture. In addition, leaching is also accompanied by reactions involving leaching agents and metal compounds present in solids.

In this study, synthetic lactic acid was used to extract nickel and aluminum metals from the spent catalyst. Leaching spent catalyst is carried out to obtain recovery of nickel and aluminum metals that can be reused as raw materials for industrial processes. Spent catalyst was extracted using lactic acid solution with various concentrations of 0.5 M, 1.5 M, 2.5 M, and 4.5 M and with various temperatures of 30°C, 45°C, 60°C, 75°C, and 90°C. This leaching operation is carried out using a batch system for 4 hours. Then, the concentrations of nickel ions (Ni^{2+}) and aluminum ions (Al^{3+}) in the liquid phase were analysed to determine the extracted nickel and aluminum by using the UV-Vis Spectrophotometer. Calculation of the kinetics of the leaching spent catalyst was carried out with the help of the shrinking core model with the aim of determining the dominant step controller in the leaching process of nickel ions (Ni^{2+}) and aluminum ions (Al^{3+}) from the spent catalyst. In addition, the calculation of the activation energy using the Arrhenius equation is also carried out.

The higher the operating temperature, the higher the recovery percentage for both Ni (II) and Al (III) ions. The highest recovery of metal ions Ni (II) and Al (III) was achieved at a temperature of 90°C using 4.5 M lactic acid solution in the 240th minute, which was 62.75% for Ni (II) and 29.71% for Al. (III). The higher the concentration of lactic acid used, the higher the recovery percentage for Ni (II) and Al (III) ions. In the lactic acid concentration variation, the best result was 4.5M lactic acid at 240 minutes, which was 16.35% for Ni (II) and 27.6% for Al (III). The longer the extraction time, the higher the recovery percentage for Ni (II) and Al (III) ions. Kinetically, the leaching process of Ni (II) and Al (III) ions from spent catalyst Ni/ γ -Al₂O₃ was controlled by the ash diffusion process with activation energies of 41.82 kJ/mol for Ni (II) and 1.99. kJ/mol for Al (III)

Keywords: spent catalyst, leaching, lactic acid, shrinking core

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa oleh karena rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul “Studi Kinetika Proses *Leaching Spent Catalyst Ni/γ-Al₂O₃* dengan Menggunakan Larutan Asam Laktat” tepat waktu. Dengan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun proposal penelitian ini, terutama kepada:

1. Bapak Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, ilmu pengetahuan, saran dan waktu selama proses penyusunan proposal penelitian ini.
2. Ibu Anastasia Prima Kristijarti, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, ilmu pengetahuan, saran dan waktu selama proses penyusunan proposal penelitian ini.
3. Orang tua dan keluarga penulis atas doa dan dukungan yang telah diberikan.
4. Teman-teman terdekat penulis yang telah memberikan dukungan dan saran.
5. Seluruh pihak yang telah turut berkontribusi dalam penyusunan laporan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang terdapat dalam proposal penelitian ini. Oleh sebab itu, penulis terbuka dan mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun sebagai bahan perbaikan bagi penulis. Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih atas perhatian pembaca dan berharap agar proposal penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
INTISARI.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tema Sentral Masalah.....	2
1.3. Identifikasi Masalah.....	2
1.4. Premis.....	2
1.5. Hipotesis.....	2
1.6. Tujuan.....	3
1.7 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1. <i>Leaching</i>	9
2.2. <i>Shrinking Core Model</i>	12
2.3. Asam Laktat.....	17
2.4. <i>Spent Catalyst</i>	19
2.5. Instrumen Analisis.....	22
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	25
3.1. Gambaran Umum Penelitian.....	25
3.2. Bahan.....	25
3.3. Alat Percobaan.....	25
3.3.1 Alat Utama.....	25
3.3.2 Alat Pendukung.....	26

3.4. Prosedur Penelitian	27
3.4.1. Proses Persiapan Bahan Baku.....	27
3.4.2. Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i> dengan Larutan Asam Laktat dan Variasi Konsentrasi.....	28
3.4.3. Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i> dengan Larutan Asam Laktat dan Variasi Temperatur	29
3.5. Metode Analisis Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i>	29
3.6. Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian	31
BAB 4 PEMBAHASAN	33
4.1. Penentuan Kurva Standar Ni (II) dan Al (III)	33
4.2. Pengaruh Temperatur terhadap Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i>	34
4.3. Pengaruh Konsentrasi Asam Laktat terhadap Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i>	38
4.4. Pengaruh Waktu terhadap Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i>	40
4.5. Model Kinetika	41
4.5.1. Energi Aktivasi	44
4.5.2. Perbandingan <i>Recovery</i> Data Percobaan dan Data Simulasi.....	46
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1. Kesimpulan	48
5.2. Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49
LAMPIRAN A METODE ANALISIS.....	53
A.1. Analisis Kadar Nikel	53
A.1.1. Pembuatan Larutan Pengompleks DMG	53
A.2. Pembuatan Kurva Standar Larutan Nikel	53
A.3. Analisis Kadar Nikel dengan Spektrofotometer UV-Vis.....	53
A.5. Analisis Kadar Aluminium	55
A.6. Pembuatan Larutan Pengompleks ECR	56
A.7. Pembuatan Kurva Standar Larutan Aluminium.....	57
A.8. Analisis Kadar Aluminium dengan Spektrofotometer UV-Vis	58
LAMPIRAN B MATERIAL SAFETY DATA SHEETS (MSDS).....	59
B.1. Asam laktat (C ₃ H ₆ O ₃).....	59

B.2. Asam sulfat (H_2SO_4)	60
B.3. Natrium Hidroksida (NaOH).....	62
B.4. Dimethylglyoxime (DMG).....	63
B.5. Kalium Persulfat ($K_2S_2O_8$).....	65
B.6. Natrium Tartrat ($C_4H_4Na_2O_6 \cdot 2 H_2O$)	66
B.7. Eriochrome Cyanine R (ECR).....	68
B.8. Asam Askorbat	69
B.9. Buffer Asetat	71
LAMPIRAN C GRAFIK.....	73
LAMPIRAN D HASIL PENELITIAN	82
LAMPIRAN E CONTOH PERHITUNGAN.....	107

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Mekanisme <i>leaching</i> ion logam menggunakan agen pelindian	10
Gambar 2.2. Visualisasi <i>Shrinking Core Model</i> (Levenspiel, 1999)	12
Gambar 2.3. Representasi konsentrasi reaktan dan produk terhadap waktu (Levenspiel, 1999, modified)	13
Gambar 2.4. Ilustrasi Tahap Difusi Film	14
Gambar 2.5. Ilustrasi Tahap Difusi Abu	15
Gambar 2.6. Ilustrasi Tahap Reaksi Kimia	16
Gambar 3.1. Rangkaian Percobaan <i>Leaching</i>	26
Gambar 3.2. Skema Proses Persiapan Bahan Baku	27
Gambar 3.3. Skema Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i> dengan Larutan Asam Laktat dan Variasi Konsentrasi.....	28
Gambar 3.4. Skema Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i> dengan Larutan Asam Laktat dan Variasi Temperatur	29
Gambar 4.3. Grafik Perbandingan <i>%recovery</i> ion Ni(II) pada Berbagai Kondisi Temperatur(⁰ C).....	35
Gambar 4.4. Grafik Perbandingan <i>%recovery</i> ion Al(III) pada Berbagai Kondisi Temperatur(⁰ C).....	35
Gambar 4.5. Grafik Perbandingan <i>%recovery</i> ion Ni (II) pada Berbagai Konsentrasi ...	38
Gambar 4.6. Grafik Perbandingan <i>%recovery</i> ion Al (III) pada Berbagai Konsentrasi ..	38
Gambar 4.7. Grafik Kinetika Ni (II) Model <i>Shrinking Core</i> pada <i>Leaching Spent Catalyst</i> Variasi Temperatur (⁰ C) untuk (a) Difusi Film; (b) Difusi Ash; (c) Reaksi	42
Gambar 4.8. Grafik Kinetika Al (III) Model <i>Shrinking Core</i> Pada <i>Leaching Spent Catalyst</i> Variasi Temperatur (⁰ C) untuk (a) Difusi Film; (b) Difusi Ash; (c) Reaksi	43
Gambar 4.9. Grafik Ln Kr vs 1/T untuk tahap difusi abu mengontrol pada <i>Leaching</i> Ion Ni (II) menggunakan asam laktat (variasi temperatur).....	45
Gambar 4.10. Grafik Ln Kr vs 1/T untuk tahap difusi abu mengontrol pada <i>Leaching</i> Ion Ni (II) menggunakan asam laktat (variasi temperatur).....	45
Gambar 4.11. Perbandingan Model $y=mx$ Pada Difusi Abu <i>%recovery</i> ion Ni (II) Data Percobaan dan Data Simulasi Pada Konsentrasi 4,5 M dan Temperatur 30 ⁰ C	46
Gambar 4. 12. Perbandingan Model $y=mx$ Pada Difusi Abu <i>%recovery</i> ion Al (III) Data Percobaan dan Data Simulasi Pada Konsentrasi 4,5 M dan Temperatur 30 ⁰ C	47

Gambar A.1. Skema Proses Pembuatan Larutan Pengompleks DMG.....	53
Gambar A.2. Skema Pembuatan Kurva Standar Larutan Nikel.....	54
Gambar A.3. Skema Analisis Kadar Nikel dalam Larutan Hasil <i>Leaching</i>	55
Gambar A.4. Skema Pembuatan Larutan Pengompleks ECR	56
Gambar A.5. Skema Pembuatan Kurva Standar Larutan Aluminium	57
Gambar A.6. Skema Analisis Kadar Aluminium dari Larutan Hasil <i>Leaching</i>	58
Gambar C.1. Grafik Kurva Standar Ni (II).....	73
Gambar C.2. Grafik Kurva Standar Al (III).....	73
Gambar C.3. Grafik Perbandingan % <i>recovery</i> ion Ni (II) pada Berbagai Kondisi Temperatur (⁰ C).....	74
Gambar C.4. Grafik Perbandingan % <i>recovery</i> ion Al (III) pada Berbagai Kondisi Temperatur.....	74
Gambar C.5. Grafik Perbandingan % <i>recovery</i> ion Al (III) pada Berbagai Kondisi Temperatur.....	74
Gambar C.6. Grafik Perbandingan % <i>recovery</i> ion Al (III) pada Berbagai Konsentrasi .	75
Gambar C.7. Grafik Kinetika Ni (II) Model <i>Shrinking Core</i> Pada <i>Leaching Spent Catalyst</i> Variasi Temperatur (⁰ C) untuk (a) Difusi Film; (b) Difusi Ash; (c) Reaksi.	75
Gambar C.8. Grafik Kinetika Al (III) Model <i>Shrinking Core</i> Pada <i>Leaching Spent Catalyst</i> Variasi Temperatur (⁰ C) untuk (a) Difusi Film; (b) Difusi Ash; (c) Reaksi.	76

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Premis <i>Leaching</i>	4
Tabel 1.2 Premis Kinetika <i>Leaching</i>	7
Tabel 2.1 Tabel Karakteristik Fisik dan Kimia Asam Laktat (ThermoFisher, 2010).....	18
Tabel 2.2 Tabel komposisi limbah <i>spent catalyst</i> nikel alumina (Simanungkalit, 2017) ...	21
Tabel 3.1 Tabel Analisis Ion Ni (II) Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.....	30
Tabel 3.2 Tabel Analisis Ion Al (III) Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.....	30
Tabel 3.3 Jadwal Kerja Penelitian	31
Tabel 4.1 Tabel Koefisien Korelasi (R^2) Variasi Temperatur Ion Ni (II) dan Ion Al (III). 43	
Tabel 4.2 Nilai konstanta laju kf, Kd, Kr pada <i>leaching</i> ion nikel (II) variasi temperatur. 44	
Tabel 4.3 Nilai konstanta laju kf, Kd, Kr pada <i>leaching</i> ion aluminium (III) variasi temperatur.....	44
Tabel 4.4 Perbandingan hasil persentase error rata-rata <i>leaching</i> ion logam Ni (II) dan Al (III) pada berbagai Temperatur dengan persamaan $y=mx$	47
Tabel D.1 Tabel Kurva Standar Ion Ni (II)	82
Tabel D.2 Tabel Kurva Standar Ion Al (III)	82
Tabel D.3 Hasil Percobaan <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 30 ⁰ C	83
Tabel D.4 Hasil Percobaan Duplo <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 30 ⁰ C . 83	
Tabel D.5 Hasil Percobaan <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 45 ⁰ C	83
Tabel D.6 Hasil Percobaan Duplo <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 45 ⁰ C . 83	
Tabel D.7 Hasil Percobaan <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 60 ⁰ C	84
Tabel D.8 Hasil Percobaan Duplo <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 60 ⁰ C . 84	
Tabel D.9 Hasil Percobaan <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 75 ⁰ C	84
Tabel D.10 Hasil Percobaan Duplo <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 75 ⁰ C 84	
Tabel D.11 Hasil Percobaan <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 75 ⁰ C	85
Tabel D.12 Hasil Percobaan Duplo <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 75 ⁰ C 85	
Tabel D.13 Hasil Percobaan <i>Leaching</i> Asam Laktat 0,5 M pada Temperatur 30 ⁰ C	85
Tabel D.14 Hasil Percobaan Duplo <i>Leaching</i> Asam Laktat 0,5 M pada Temperatur 30 ⁰ C 85	
Tabel D.15 Hasil Percobaan <i>Leaching</i> Asam Laktat 1,5 M pada Temperatur 30 ⁰ C	86
Tabel D.16 Hasil Percobaan Duplo <i>Leaching</i> Asam Laktat 1,5 M pada Temperatur 30 ⁰ C 86	
Tabel D.17 Hasil Percobaan <i>Leaching</i> Asam Laktat 1,5 M pada Temperatur 30 ⁰ C	86
Tabel D.18 Hasil Percobaan Duplo <i>Leaching</i> Asam Laktat 1,5 M pada Temperatur 30 ⁰ C 86	

Tabel D.19 Hasil Percobaan <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 30 ⁰ C	87
Tabel D.20 Hasil Percobaan Duplo <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 30 ⁰ C	87
Tabel D.21 Hasil Percobaan <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 45 ⁰ C	87
Tabel D.22 Hasil Percobaan Duplo <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 45 ⁰ C	87
Tabel D.23 Hasil Percobaan <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 60 ⁰ C	87
Tabel D.24 Hasil Percobaan Duplo <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 60 ⁰ C	88
Tabel D.25 Hasil Percobaan <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 75 ⁰ C	88
Tabel D.26 Hasil Percobaan Duplo <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 75 ⁰ C	88
Tabel D.27 Hasil Percobaan <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 90 ⁰ C	89
Tabel D.28 Hasil Percobaan Duplo <i>Leaching</i> Asam Laktat 4,5 M pada Temperatur 90 ⁰ C	89
Tabel D.29 Hasil Percobaan <i>Leaching</i> Asam Laktat 0,5 M pada Temperatur 30 ⁰ C	89
Tabel D.30 Hasil Percobaan Duplo <i>Leaching</i> Asam Laktat 0,5 M pada Temperatur 30 ⁰ C	89
Tabel D.31 Hasil Percobaan <i>Leaching</i> Asam Laktat 1,5 M pada Temperatur 30 ⁰ C	90
Tabel D.32 Hasil Percobaan Duplo <i>Leaching</i> Asam Laktat 1,5 M pada Temperatur 30 ⁰ C	90
Tabel D.33 Hasil Percobaan <i>Leaching</i> Asam Laktat 2,5 M pada Temperatur 30 ⁰ C	90
Tabel D.34 Hasil Percobaan Duplo <i>Leaching</i> Asam Laktat 2,5 M pada Temperatur 30 ⁰ C	90
Tabel D.35 Tabel Hasil Konsentrasi <i>Leaching</i> Ion Nikel (II) pada Berbagai Temperatur.	91
Tabel D.36 Tabel Hasil % <i>recovery Leaching</i> Ion Nikel (II) pada Berbagai Temperatur...	91
Tabel D.37 Tabel Hasil Konsentrasi <i>Leaching</i> Ion Aluminium (III) pada Berbagai Temperatur.....	91
Tabel D.38 Tabel Hasil % <i>recovery Leaching</i> Ion Aluminium (III) pada Berbagai Temperatur.....	91
Tabel D.39 Tabel Konstanta Laju untuk Proses <i>Leaching</i> Ion Ni (II) <i>Spent Catalyst</i> Menggunakan Asam Laktat pada Konsentrasi 4,5 M dan Temperatur 30 ⁰ C	92
Tabel D.40 Tabel Konstanta Laju untuk Proses <i>Leaching</i> Ion Ni (II) <i>Spent Catalyst</i> Menggunakan Asam Laktat pada Konsentrasi 4,5 M dan Temperatur 45 ⁰ C	92
Tabel D.41 Tabel Konstanta Laju untuk Proses <i>Leaching</i> Ion Ni (II) <i>Spent Catalyst</i> Menggunakan Asam Laktat pada Konsentrasi 4,5 M dan Temperatur 60 ⁰ C	92
Tabel D.42 Tabel Konstanta Laju untuk Proses <i>Leaching</i> Ion Ni (II) <i>Spent Catalyst</i> Menggunakan Asam Laktat pada Konsentrasi 4,5 M dan Temperatur 75 ⁰ C	93
Tabel D.43 Tabel Konstanta Laju untuk Proses <i>Leaching</i> Ion Ni (II) <i>Spent Catalyst</i> Menggunakan Asam Laktat pada Konsentrasi 4,5 M dan Temperatur 90 ⁰ C	93

Tabel D.44 Tabel Konstanta Laju untuk Proses <i>Leaching</i> Ion Al (III) <i>Spent Catalyst</i> Menggunakan Asam Laktat pada Konsentrasi 4,5 M dan Temperatur 30 ⁰ C	93
Tabel D.45 Tabel Konstanta Laju untuk Proses <i>Leaching</i> Ion Al (III) <i>Spent Catalyst</i> Menggunakan Asam Laktat pada Konsentrasi 4,5 M dan Temperatur 45 ⁰ C	94
Tabel D.46 Tabel Konstanta Laju untuk Proses <i>Leaching</i> Ion Al (III) <i>Spent Catalyst</i> Menggunakan Asam Laktat pada Konsentrasi 4,5 M dan Temperatur 60 ⁰ C	94
Tabel D.47 Tabel Konstanta Laju untuk Proses <i>Leaching</i> Ion Al (III) <i>Spent Catalyst</i> Menggunakan Asam Laktat pada Konsentrasi 4,5 M dan Temperatur 75 ⁰ C	94
Tabel D.48 Tabel Konstanta Laju untuk Proses <i>Leaching</i> Ion Al (III) <i>Spent Catalyst</i> Menggunakan Asam Laktat pada Konsentrasi 4,5 M dan Temperatur 90 ⁰ C	95
Tabel D.49 Tabel Koefisien Korelasi (R ²) Variasi Temperatur Ion Ni (II) dan Ion Al (III).....	95
Tabel D.50 Tabel Perhitungan Energi Aktivasi <i>Leaching</i> Ion Ni (II)	95
Tabel D.51 Tabel Perhitungan Energi Aktivasi <i>Leaching</i> Ion Al (III)	96
Tabel D.52 Tabel Simulasi Difusi Film <i>Leaching</i> Ion Ni (II) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5 M dan Temperatur 30 ⁰ C	96
Tabel D.53 Tabel Simulasi Difusi Film <i>Leaching</i> Ion Ni (II) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5 M dan Temperatur 45 ⁰ C	96
Tabel D.54 Tabel Simulasi Difusi Film <i>Leaching</i> Ion Ni (II) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5 M dan Temperatur 60 ⁰ C	97
Tabel D.55 Tabel Simulasi Difusi Film <i>Leaching</i> Ion Ni (II) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5 M dan Temperatur 75 ⁰ C	97
Tabel D.56 Tabel Simulasi Difusi Film <i>Leaching</i> Ion Ni (II) pada Konsentrasi AsamLaktat 4,5 M dan Temperatur 90 ⁰ C	97
Tabel D.57 Tabel Simulasi Difusi Abu <i>Leaching</i> Ion Ni (II) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5 M dan Temperatur 30 ⁰ C	98
Tabel D.58 Tabel Simulasi Difusi Abu <i>Leaching</i> Ion Ni (II) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5 M dan Temperatur 45 ⁰ C	98
Tabel D.59 Tabel Simulasi Difusi Abu <i>Leaching</i> Ion Ni (II) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5 M dan Temperatur 65 ⁰ C	98
Tabel D.60 Tabel Simulasi Difusi Abu <i>Leaching</i> Ion Ni (II) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5 M dan Temperatur 75 ⁰ C	99

Tabel D.61 Tabel Simulasi Difusi Abu <i>Leaching</i> Ion Ni (II) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5 M dan Temperatur 90 ⁰ C	99
Tabel D.62 Tabel Simulasi Reaksi Kimia <i>Leaching</i> Ion Ni (II) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5M dan Temperatur 30 ⁰ C	99
Tabel D.63 Tabel Simulasi Reaksi Kimia <i>Leaching</i> Ion Ni (II) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5M dan Temperatur 45 ⁰ C	100
Tabel D.64 Tabel Simulasi Reaksi Kimia <i>Leaching</i> Ion Ni (II) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5M dan Temperatur 60 ⁰ C	100
Tabel D.65 Tabel Simulasi Reaksi Kimia <i>Leaching</i> Ion Ni (II) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5M dan Temperatur 75 ⁰ C	100
Tabel D.66 Tabel Simulasi Reaksi Kimia <i>Leaching</i> Ion Ni (II) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5M dan Temperatur 90 ⁰ C	101
Tabel D.67 Tabel Simulasi Difusi Film <i>Leaching</i> Ion Al (III) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5M dan Temperatur 30 ⁰ C	101
Tabel D.68 Tabel Simulasi Difusi Film <i>Leaching</i> Ion Al (III) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5M dan Temperatur 45 ⁰ C	101
Tabel D.69 Tabel Simulasi Difusi Film <i>Leaching</i> Ion Al (III) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5M dan Temperatur 60 ⁰ C	102
Tabel D.70 Tabel Simulasi Difusi Film <i>Leaching</i> Ion Al (III) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5M dan Temperatur 75 ⁰ C	102
Tabel D.71 Tabel Simulasi Difusi Film <i>Leaching</i> Ion Al (III) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5M dan Temperatur 90 ⁰ C	102
Tabel D.72 Tabel Simulasi Difusi Abu <i>Leaching</i> Ion Al (III) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5 M dan Temperatur 30 ⁰ C	103
Tabel D.73 Tabel Simulasi Difusi Abu <i>Leaching</i> Ion Al (III) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5 M dan Temperatur 45 ⁰ C	103
Tabel D.74 Tabel Simulasi Difusi Abu <i>Leaching</i> Ion Al (III) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5 M dan Temperatur 60 ⁰ C	103
Tabel D.75 Tabel Simulasi Difusi Abu <i>Leaching</i> Ion Al (III) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5 M dan Temperatur 75 ⁰ C	104
Tabel D.76 Tabel Simulasi Difusi Abu <i>Leaching</i> Ion Al (III) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5 M dan Temperatur 90 ⁰ C	104

Tabel D.77 Tabel Simulasi Reaksi Kimia <i>Leaching</i> Ion Al (III) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5M dan Temperatur 30 ⁰ C	104
Tabel D.78 Tabel Simulasi Reaksi Kimia <i>Leaching</i> Ion Al (III) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5M dan Temperatur 45 ⁰ C	105
Tabel D.79 Tabel Simulasi Reaksi Kimia <i>Leaching</i> Ion Al (III) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5M dan Temperatur 60 ⁰ C	105
Tabel D.80 Tabel Simulasi Reaksi Kimia <i>Leaching</i> Ion Al (III) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5M dan Temperatur 75 ⁰ C	105
Tabel D.81 Tabel Simulasi Reaksi Kimia <i>Leaching</i> Ion Al (III) pada Konsentrasi Asam Laktat 4,5M dan Temperatur 90 ⁰ C	106
Tabel D.82 Perbandingan Hasil Persentase <i>Error Leaching</i> Ion Logam Ni (II) dan Al (III) pada Berbagai Temperatur dengan Persamaan $y=mx$	106

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Spent catalyst merupakan limbah katalis yang telah jenuh dan telah kehilangan kemampuan katalitiknya. Kejenuhan dari katalis ini dapat diakibatkan oleh berakhirnya umur katalis, perubahan struktur katalis, atau pusat aktifnya telah tertutup oleh material lain. Menurut PP No.85 tahun 1999, limbah *spent catalyst* digolongkan ke dalam limbah B3 karena memiliki kandungan nikel yang tergolong tinggi. Oleh karena itu, limbah *spent catalyst* tidak boleh langsung dibuang ke lingkungan dan diperlukan pengelolaan khusus.

Limbah *spent catalyst* yang dihasilkan dari industri petrokimia secara umum memiliki komposisi logam Al, Ni, Ca, Si, dan S sebesar 16,67%, 6,5%, 3,3%, 0,41%, dan 0,18% secara berurutan. *Leaching* merupakan suatu cara untuk menghilangkan dan mengekstrak logam berat yang terdapat pada *spent catalyst*. Dengan proses tersebut kadar logam berat pada limbah dapat dihilangkan atau diminimalkan sehingga aman bagi lingkungan dan dapat diperoleh kembali (*recovery*) (Chen Dan Lin, 2000). Secara definitif, ekstraksi padat-cair atau *leaching* merupakan peristiwa pelarutan dari suatu campuran padatan dengan cara mengontakkannya dengan pelarut cair dimana pelarut akan melarutkan sebagian bahan padatan sehingga bahan terlarut yang diinginkan dapat diperoleh.

Asam Laktat merupakan senyawa yang umumnya dihasilkan oleh bakteri asam laktat. Senyawa ini dapat diperoleh melalui fermentasi spontan pada bahan dasar yang mengandung gula seperti air kelapa, nira kelapa, nira tebu, dan buah-buahan. Selain itu, dapat juga diperoleh melalui fermentasi terkendali dengan starter bakteri asam laktat. Dalam penelitian ini, digunakan asam laktat sintetis sebagai agen *leaching* untuk melarutkan NiO menjadi ion Ni^{2+} dan Al_2O_3 menjadi ion Al^{3+} sehingga membentuk larutan $\text{Ni}(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_2$ dan $\text{Al}(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_3$.

1.2. Tema Sentral Masalah

Pada penelitian-penelitian terdahulu, belum terdapat penelitian yang mendalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi proses *leaching spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃ menggunakan asam laktat. Asam laktat merupakan asam organik yang mudah ditemukan, mudah diproduksi, dan berpotensi untuk menjadi agen *leaching*. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian yang fundamental untuk mengetahui pengaruh konsentrasi asam laktat, temperatur operasi *leaching*, serta waktu reaksi terhadap persentase *recovery* ion Ni (II) dan ion Al (III) pada proses *leaching spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃. Kinetika proses *leaching* juga merupakan faktor yang penting untuk mengetahui tahapan yang dominan dalam proses *leaching*. Oleh karena itu, penelitian ini juga melibatkan *Shrinking Core Model* (SCM) untuk mengetahui tahapan yang mengontrol proses *leaching* dan energi aktivasinya.

1.3. Identifikasi Masalah

Berdasarkan studi pustaka dan tema sentral masalah yang dirumuskan di atas, masalah yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini adalah bagaimana kinetika dari *recovery* ion nikel (II) dan ion aluminium (III) terhadap proses *leaching spent catalyst* menggunakan asam laktat, dan bagaimana pengaruh variasi temperatur operasi dan konsentrasi asam laktat tersebut terhadap *recovery* ion nikel (II) dan ion aluminium (III) pada proses *leaching spent catalyst* PT. Petrokimia Gresik.

1.4. Premis

Berdasarkan studi literatur, diperoleh beberapa parameter yang berpengaruh dalam penelitian ini. Premis-premis penelitian ini disajikan dalam **Tabel 1.4.1.** dan **Tabel 1.4.2.**

1.5. Hipotesis

1. Pada *leaching spent catalyst* menggunakan asam laktat, semakin tinggi temperatur asam laktat yang digunakan, semakin tinggi pula persentase *recovery* ion nikel (II) dan ion aluminium (III) yang diperoleh. Dalam persamaan Arrhenius, kenaikan temperatur menyebabkan kecepatan reaksi bertambah cepat. Hal ini disebabkan temperatur yang tinggi menyediakan energi yang lebih bagi partikel untuk bergerak

dan bertumbukan lebih cepat sehingga jumlah ion nikel dan aluminium yang ter-*recovery* akan semakin meningkat

2. Pada *leaching spent catalyst* menggunakan asam laktat, semakin tinggi konsentrasi asam laktat yang digunakan, semakin tinggi pula persentase *recovery* ion nikel (II) dan ion aluminium (III). Semakin tinggi konsentrasi asam laktat, semakin banyak ion H⁺ yang bereaksi dalam larutan sehingga jumlah ion nikel dan aluminium yang dapat terikat semakin besar.
3. Secara kinetika, proses *leaching* ion Ni (II) dan ion Al (III) dari *spent catalyst* menggunakan model *shrinking core* dikontrol oleh difusi abu. Pada pemodelan *shrinking core*, tahapan difusi abu memiliki nilai koefisien korelasi (R^2) yang paling mendekati 1 dan memiliki nilai yang lebih besar dari pada tahapan lainnya.

1.6. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur operasi dan konsentrasi asam laktat terhadap *%recovery* dan kinetika ion nikel (II) dan ion aluminium (III) pada proses *leaching spent catalyst* PT. Petrokimia Gresik.

1.7 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain:

1. Dapat memahami proses *leaching spent catalyst* menggunakan asam laktat untuk *re-recover* logam nikel dan aluminium di dalam *spent catalyst*
2. Memberikan gambaran mengenai kinetika proses dengan dilakukannya variasi berupa temperatur operasi dalam proses ion nikel (II) dan ion aluminium (III) dari *spent catalyst*.
3. Diharapkan hasil dari *leaching* ini dapat diaplikasikan ke industri sehingga dapat mengurangi limbah *spent catalyst*, menambah lapangan pekerjaan, dan membantu perekonomian.

Tabel 1.1 Premis *Leaching*

Penelitian	Sampel /Bahan	Kecepatan Pengadukan	Ukuran Sampel	Agen <i>Leaching</i>	Suhu (°C)	Konsentrasi	S/L	Waktu	Zat yang diekstrak	% <i>Recovery</i>	<i>Yield</i>
Li, dkk (2017)	<i>Calcareous phosphate rock</i>	-	-	Asam laktat	80	2 M	10%	40 min	Nikel	92,80%	-
				+ H ₂ O ₂	90	1 M		50 min	Nikel	84,57%	-
Mubarok, dkk (2011)	<i>Limonite Low-grade saprolite</i>	180 rpm	-100+200 mesh	Asam laktat	-	1 M	-	28 hari	Nikel	32,35%	-
								28 hari	Nikel	44,87%	-
Astuti, dkk (2015)	<i>Saprolitic Ore (Sulawesi)</i> <i>Saprolitic Ore (Halmahera)</i>	-	-	Asam laktat	-	-	-	15 hari	Nikel	40%	-
								15 hari	Nikel	35%	-
Mubarok, dkk (2012)	<i>Saprolite Ore</i>	-	-	Asam laktat	-	-	-	21 hari	Nikel	45%	-
Tzeferis, dkk (1994)	<i>Kastoria Laterite Ore</i>	400 rpm	-	Asam laktat	30	0,5 M	10%	40 hari	Nikel	16,58%	-
				Asam laktat							8,87%
Nasab, dkk (2020)	<i>Laterite (Kalsinasi 500oC)</i>	450 rpm	-	Asam laktat	60	3,5 M	20%	2 jam	Nikel	11,49%	-
				Asam glukonat - laktat -							

				sitrat (2:1:2)								
Tang, dkk (2006)	<i>Limonite</i>	120 rpm	-	Asam laktat	25	2 M	5%	24 hari	Nikel	37%	-	
								24 hari	Aluminium	17%	-	
	<i>Nontronite</i>					3 M		24 hari	Nikel	14,90%	-	
								24 hari	Aluminium	26,20%	-	
Saleh, dkk (2019)	Metakaolin	150 rpm	-	Asam Laktat - Oksalat (1:4)	50	50 g/L	20%	6 jam	Aluminium	-	1,93 g/L	
								6 jam	Aluminium	-	2,50 g/L	
Gustiana, dkk. (2018)	<i>Low grade limonite ore</i>	400 rpm	-200 mesh	Asam asetat	90	25%	20%	250 menit	Nikel	42%	-	
Wanta, dkk. (2017)	Nikel <i>Laterite</i> asal Pomala	-	-100+120 mesh	Asam nitrat	60	0,1 M	20%	120 menit	Nikel	9%	-	
Mubarok, dan Fathoni. (2016)	Bijih Nikel Limonite Pulau Halmahera	400 rpm	-	Asam nitrat	95	6M	10%	8 jam	Nikel	95%	-	

Agustina. (2016)	Seng dross	1000 rpm	-	Asam asetat glasial	150	-	60%	120 menit	Nikel	-	70%
Surianti, dkk (2020)	<i>Low grade nickel laterite ore</i>	400 rpm	-200 mesh	Asam klorida	70	-	20%	4 jam	Nikel	56%	-
Saivi. (2015)	Limbah lumpur PDAM	300 rpm	-200+325 mesh	Asam klorida	90	2 M	-	60 menit	Aluminium	80%	20 ppm
Anugrah, dan Hasudungan. (2020)	Bijih bauksit Kalimantan Barat	200 rpm	-270 mesh	Asam klorida	100	7%	-	180 menit	Aluminium	82%	-
Mirwan, dkk. (2017)	Hasil kalsinasi <i>Solid Waste Sludge</i> PDAM Intan Banjar	300 rpm	-	Asam klorida	-	8 N	20%	24 jam	Aluminium	15,68%	-
Surianti, dkk (2020)	<i>Low grade nickel laterite ore</i>	400 rpm	-200 mesh	Asam klorida	70	-	20%	4 jam	Aluminium	56%	-

Tabel 1.2 Premis Kinetika *Leaching*

Penelitian	Sampel/Bahan	Agen leaching	Zat yang diekstrak	Model Kinetika	Energi aktivasi
Mubarok dan Fathoni (2016)	Nikel limonit	Asam nitrat	Nikel	<i>Shrinking Core Model</i> (difusi abu)	46,78 kJ/mol
Abdel-Aal dan Rashad (2004)	<i>Spent catalyst</i> nikel oksida	Asam sulfat	Nikel	<i>Shrinking Core Model</i>	41,1 kJ/mol
Parhi dkk (2013)	<i>Spent catalyst</i> Ni-Al ₂ O ₃	Asam klorida	Nikel	<i>Shrinking Core Model</i> (difusi abu)	17 kJ/mol
Febriana dkk (2018)	Bijih Limonit	Asam sulfat	Nikel	<i>Shrinking Core Model</i> (difusi abu)	78 kJ/mol
Sahu (2011)	Nikel Laterit Ore	Asam Sitrat Asam Oksalat Asam Asetat	Nikel	<i>Shrinking Core Model</i>	-
Astuti (2015)	Saprolitic ore	Asam sitrat	Nikel	<i>Shrinking Core Model</i> (difusi abu)	12,38 kJ/mol
Wanta dkk (2017)	Nikel laterit	Asam sitrat	Nikel	<i>Shrinking Core Model</i> (difusi abu)	-

Heydarpour (2011)	calcareous phosphate rock	Asam laktat	P2O5	<i>Shrinking Core Model</i> (difusi abu)	43,58 kJ/mol
Ayanda dkk (2011)	Laterit Nigeria	Asam klorida	Besi dan Aluminium	<i>Shrinking Core Model</i> (difusi)	60,23 kJ/mol
		Asam nitrat			64,31 kJ/mol
		Asam sulfat			67,53 kJ/mol
Yang dkk (2019)	<i>Secondary Aluminum Dross</i>	Asam klorida	Aluminium	<i>Shrinking Core Model</i> (Reaksi Kimia)	6,92 kJ/mol
			Alluminium oksida		11,16 kJ/mol
			Aluminium nitrida		40,93 kJ/mol
Szymczycha-madeja (2011)	<i>spent hydrodesulphurization catalyst</i>	oxalic acid and hydrogen peroxide	Nikel	<i>Shrinking Core Model</i> (Reaksi Kimia)	36 kJ/mol
			Aluminium		57 kJ/mol
Mirwan dkk (2017)	<i>Peat Clay</i>	Asam klorida	Aluminium	<i>Shrinking Core Model</i> (Difusi)	82,79 kJ/mol
				<i>Shrinking Core Model</i> (Reaksi Kimia)	27,08 kJ/mol
