

**PENENTUAN KONDISI OPERASI PROSES  
*LEACHING SPENT CATALYST Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>* DENGAN  
PENGUNAAN ASAM ORGANIK**

**CHE 184650–04 LAPORAN PENELITIAN**

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai

gelar sarjana di bidang ilmu Teknik Kimia

oleh:

Clara Anindya Amarangani

(6141801120)

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**

**2022**

# **DETERMINATION OF OPERATING CONDITIONS ON THE LEACHING PROCESS OF SPENT CATALYST Co- Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> BY THE USE OF ORGANIC ACIDS**

**CHE 184650-04 RESEARCH REPORT**

A final project submitted in fulfillment of the  
requirements for the Bachelor Degree of Chemical Engineering

by:

Clara Anindya Amaranggani

(6141801120)

Lecturer:

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

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



**DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING**

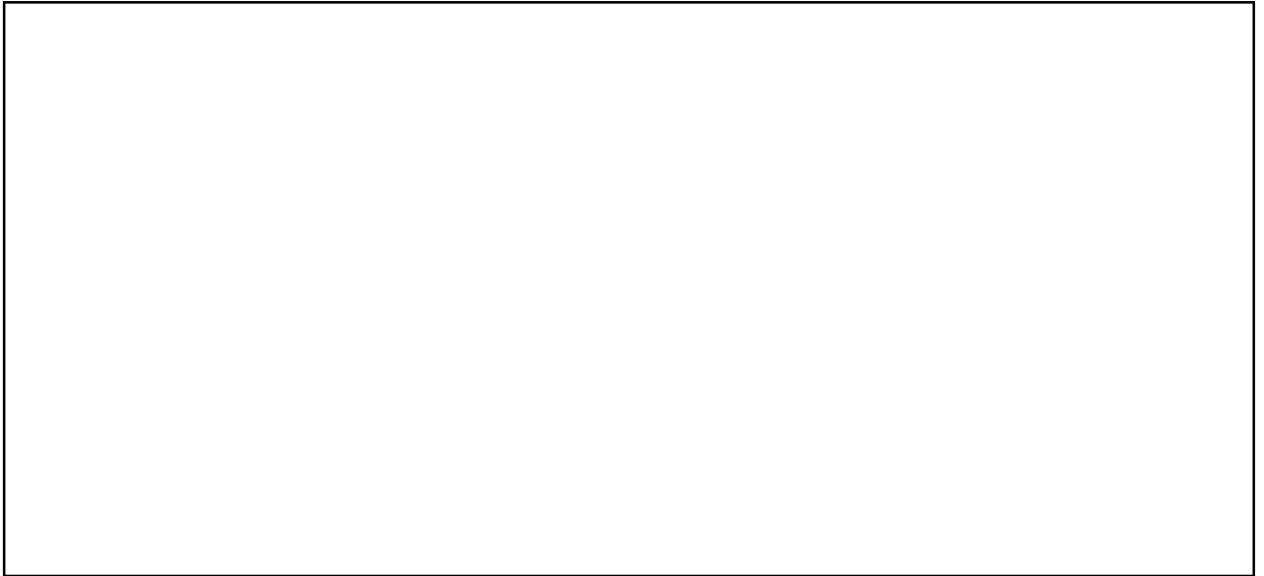
**FACULTY OF TECHNOLOGY INDUSTRY**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**JUDUL: PENENTUAN KONDISI OPERASI PROSES *LEACHING SPENT CATALYST* Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> DENGAN PENGGUNAAN ASAM ORGANIK**



Telah diperiksa dan disetujui

Bandung, 29 Agustus 2022

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



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



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

### SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Clara Anindya Amaranggani

NPM : 6141801120

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**Penentuan Kondisi Operasi Proses *Leaching Spent Catalyst Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>* dengan  
Penggunaan Asam Organik**

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

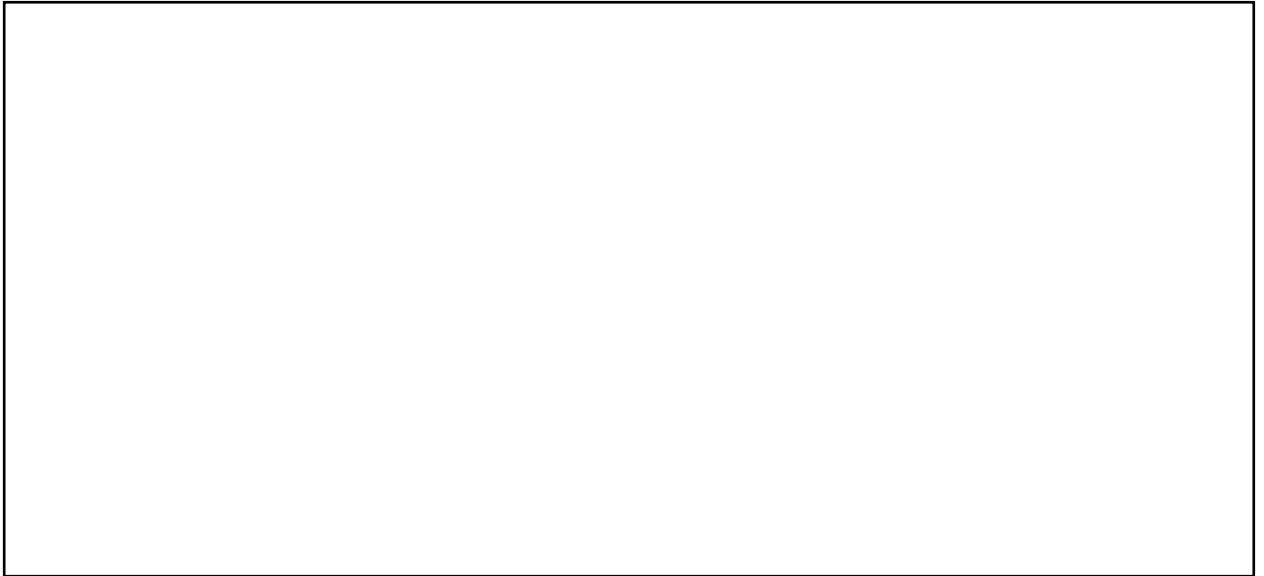
Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 23 Agustus 2022

Clara Anindya Amaranggani  
(6141801120)

**LEMBAR REVISI**

**JUDUL: PENENTUAN KONDISI OPERASI PROSES *LEACHING SPENT*  
CATALYST Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> DENGAN PENGGUNAAN ASAM ORGANIK**



Telah diperiksa dan disetujui

Bandung, 29 Agustus 2022

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II



Ratna Frida Susanti, Ph.D.



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

## INTISARI

Katalis merupakan material yang berfungsi untuk mempercepat laju reaksi tanpa dikonsumsi oleh reaksi dengan menurunkan energi aktivasi sebagai hasil dari interaksi antara katalis dan reaktan. Namun, setelah melalui beberapa siklus pemakaian, katalis akan terdeaktivasi dan dapat disebut sebagai *spent catalyst*. *Spent catalyst* mengandung banyak kandungan logam seperti molibdenum (Mo), vanadium (V), nikel (Ni), kobalt (Co), aluminium (Al), dan masih banyak lagi. Dengan kandungan yang dimiliki, *spent catalyst* tergolong sebagai limbah B3 sehingga diperlukan pengolahan secara khusus. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengolah limbah *spent catalyst* adalah melalui proses *leaching*.

*Spent catalyst* yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan *spent catalyst* Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang berasal dari PT. Pertamina, dengan fokus terhadap *recovery* ion logam Co<sup>2+</sup>, Mo<sup>6+</sup>, dan Al<sup>3+</sup>. Proses *leaching* akan dilakukan pada temperatur ruang selama 22 hari menggunakan pelarut asam organik, yaitu asam sitrat, asam laktat, asam asetat, dan asam format pada pH 3. Proses *leaching* akan dilakukan dengan pengadukan menggunakan *horizontal shaker incubator* dengan kecepatan sebesar 180 rpm. Sampel hasil *leaching spent catalyst* Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> akan dianalisis menggunakan XRD dan spektrofotometer UV-Vis, dengan larutan pengompleks berupa Dithizon (Dz), *Thioglycollic Acid* (TGA), dan *Eriochrome Cyanine r* (ECR).

Peningkatan waktu *leaching*, akan memberikan kecenderungan perolehan *recovery* ion logam yang meningkat, di mana pada penggunaan asam laktat didapatkan perolehan *recovery* ion logam Mo<sup>6+</sup> pada hari ke-1 sebesar 52,47% dan hari ke-22 sebesar 67,67%. Pada variasi jenis asam organik, didapatkan bahwa pelarut asam organik terbaik adalah asam laktat dengan perolehan *recovery* ion logam Co<sup>2+</sup> sebesar 50,81%, Mo<sup>6+</sup> sebesar 67,95%, dan Al<sup>3+</sup> sebesar 58,0%. Secara keseluruhan, asam sitrat, asam laktat, asam asetat, dan asam format dapat dikatakan sebagai pelarut yang efektif untuk proses *leaching* ion logam. Asam sulfat menghasilkan perolehan *recovery* ion logam Co<sup>2+</sup>, Mo<sup>6+</sup>, dan Al<sup>3+</sup> yang paling besar dibandingkan dengan asam sitrat, asam laktat, asam asetat, dan asam format. Kecenderungan dari ukuran partikel berbanding terbalik dengan teori, diduga diakibatkan oleh *void fraction* antar partikel *spent catalyst*. Berdasarkan variasi densitas pulp, perolehan *recovery* ion logam Co<sup>2+</sup>, Mo<sup>6+</sup>, dan Al<sup>3+</sup> dihasilkan oleh densitas pulp terbesar, yaitu 20%, dengan perolehan sebesar 61,97%; 94,52%; dan 66,88% secara berurutan.

Kata Kunci: *spent catalyst*, *leaching*, asam organik, *recovery* ion logam

## ABSTRACT

*Catalyst is a material that functions to increase the rate of reaction without being consumed, by lowering the activation energy as a result of the interaction between the catalyst and reactants. However, after going through several cycles of use, catalyst will be deactivated and can be referred to as spent catalyst. Spent catalysts contain many metals such as molybdenum (Mo), vanadium (V), nickel (Ni), cobalt (Co), aluminum (Al), and many more. With its content, spent catalyst is classified as hazardous waste therefore special treatment is needed. One way that can be done to treat spent catalyst waste is through the leaching process.*

*The spent catalyst that will be used in this research is the spent catalyst Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> from PT. Pertamina, with a focus on recovery of metal ions Co<sup>2+</sup>, Mo<sup>6+</sup>, and Al<sup>3+</sup>. The leaching process will be carried out at room temperature for 22 days using organic acid solvents, namely citric acid, lactic acid, acetic acid, and formic acid at pH 3. The leaching process will be carried out by stirring using a horizontal shaker incubator at a speed of 180 rpm. Samples resulting from leaching spent catalyst Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> will be analyzed using XRD and UV-Vis spectrophotometer, with complexing solutions in the form of Dithizon (Dz), Thioglycollic Acid (TGA), and Eriochrome Cyanine r (ECR).*

*The increase in leaching time will give a tendency to increase metal ion recovery, where with the use of lactic acid, metal ion recovery gains of Mo<sup>6+</sup> obtained on day 1 is 52.47% and on day 22 is 67.67%. In various types of organic acids, it was found that the best organic acid solvent was lactic acid with metal ion recovery gains of Co<sup>2+</sup> is 50.81%, Mo<sup>6+</sup> is 67.95%, and Al<sup>3+</sup> is 58.0%. Overall, citric acid, lactic acid, acetic acid, and formic acid can be said to be effective solvents for the leaching process of metal ions. The usage of sulfuric acid as solvent resulted in the highest metal ion recovery of Co<sup>2+</sup>, Mo<sup>6+</sup>, and Al<sup>3+</sup> compared to citric acid, lactic acid, acetic acid, and formic acid. The tendency of particle size is inversely proportional to the theory, presumably due to the void fraction between the spent catalyst particles. Based on the variation of pulp density, the recovery of metal ions Co<sup>2+</sup>, Mo<sup>6+</sup>, and Al<sup>3+</sup> resulted from the largest pulp density, which was 20%, with a gain of 61.97%; 94.52%; and 66.88% respectively.*

*Keywords: spent catalyst, leaching, organic acids, metal ion recovery*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena rahmat dan karuniaNya penulis dapat diberi kesempatan untuk menyelesaikan laporan penelitian dengan judul **“Penentuan Kondisi Operasi Proses *Leaching Spent Catalyst Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>* dengan Penggunaan Asam Organik”** tepat pada waktunya. Tidak lupa juga penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun laporan 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 laporan penelitian ini berjalan.
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 laporan penelitian ini berjalan.
3. Orang tua dan keluarga penulis atas doa serta dukungan yang telah diberikan.
4. Teman-teman penulis yang telah memberikan dukungan dan saran selama penyusunan laporan penelitian ini.
5. Semua pihak lainnya yang turut berkontribusi dalam penyusunan laporan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang terdapat dalam laporan 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 laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 15 Agustus 2022

Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
SURAT PERNYATAAN .....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
INTISARI .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tema Sentral Masalah .....	2
1.3 Identifikasi Masalah .....	2
1.4 Premis .....	3
1.5 Hipotesis .....	3
1.6 Tujuan Penelitian.....	3
1.7 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 <i>Spent Catalyst</i> Co-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	6
2.1.1 Kobalt (Co) .....	7
2.1.2 Aluminium (Al) .....	8
2.1.3 Molibdenum (Mo).....	9
2.2 <i>Leaching</i> .....	10
2.2.1 Mekanisme <i>Leaching</i> .....	11
2.2.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses <i>Leaching</i> .....	12
2.3 Asam Organik Sebagai <i>Leaching Agent</i> .....	15
2.3.1 Asam Sitrat (C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> ) .....	15
2.3.2 Asam Format (CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ).....	17
2.3.3 Asam Laktat (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub> ).....	19
2.3.4 Asam Asetat (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> ).....	20
2.4 Instrumen Analisis .....	21

2.4.1	Spektrofotometer UV-Vis.....	21
2.4.2	XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ).....	23
2.4.3	XRF ( <i>X-Ray Fluorescence</i> ) .....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		26
3.1	Gambaran Utama Penelitian.....	26
3.2	Bahan.....	26
3.3	Alat .....	27
3.3.1	Alat Utama.....	27
3.3.2	Alat Pendukung.....	27
3.3.3	Rangkaian Alat .....	27
3.4	Prosedur Penelitian .....	28
3.4.1	Proses Pengayakan <i>Spent Catalyst</i> Co-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	28
3.4.2	Proses Pembuatan Larutan Asam Organik .....	28
3.4.3	Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i> Co-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	29
3.5	Metode Analisis Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i> .....	30
3.6	Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian.....	31
BAB IV PEMBAHASAN .....		32
4.1	Karakteristik Bahan Baku.....	32
4.3	Pengaruh Jenis Asam Organik terhadap <i>Leaching</i> Logam Co <sup>2+</sup> , Mo <sup>6+</sup> , dan Al <sup>3+</sup> ....	35
4.4	Pengaruh Penggunaan Asam Organik dan Asam Anorganik pada <i>Leaching</i> Ion Logam .....	37
4.5	Pengaruh Ukuran Partikel terhadap <i>Leaching</i> Ion Logam .....	39
4.6	Pengaruh Densitas Pulp terhadap <i>Leaching</i> Ion Logam.....	40
4.7	Identifikasi Senyawa pada Hasil <i>Leaching Spent Catalyst</i> Co-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		43
5.1	Kesimpulan.....	43
5.2	Saran .....	43
DAFTAR PUSTAKA.....		44
LAMPIRAN A METODE ANALISIS .....		48
A.1	Analisis Kadar Kobalt .....	48
A.1.1	Pembuatan Kurva Standar Larutan Kobalt .....	48
A.1.2	Analisis Kadar kobalt dengan Spektrofotometer UV-Vis .....	49
A.2	Analisis Kadar Molibdenum.....	50

A.2.1	Pembuatan Larutan Pengompleks TGA .....	50
A.2.2	Pembuatan Kurva Standar Larutan Molibdenum .....	51
A.2.3	Analisis Kadar Molibdenum dengan Spektrofotometer UV-Vis.....	52
A.3	Analisis Kadar Aluminium.....	53
A.3.1	Pembuatan Larutan Pengompleks ECR.....	53
A.3.2	Pembuatan Kurva Standar Larutan Aluminium.....	54
A.3.3	Analisis Kadar Aluminium dengan Spektrofotometer UV-Vis.....	55
LAMPIRAN B <i>MATERIAL SAFETY DATA SHEET</i> .....		56
B.1	Asam Sitrat ( $C_6H_8O_7$ ) .....	56
B.1.1	Data Fisik dan Kimia .....	56
B.1.2	Bahaya dan Tindakan Pertolongan Pertama .....	56
B.1.3	Kestabilan dan Reaktivitas.....	56
B.1.4	Penyimpanan dan Penanganan.....	57
B.1.5	Alat Pelindung Diri .....	57
B.2	Asam Format ( $CH_2O_2$ ) .....	57
B.2.1	Data Fisik dan Kimia .....	57
B.2.2	Bahaya dan Tindakan Pertolongan Pertama .....	57
B.2.3	Kestabilan dan Reaktivitas.....	58
B.2.4	Penyimpanan dan Penanganan.....	58
B.2.5	Alat Pelindung Diri .....	58
B.3	Asam Laktat ( $C_3H_6O_3$ ) .....	58
B.3.1	Data Fisik dan Kimia .....	58
B.3.2	Bahaya dan Tindakan Pertolongan Pertama .....	58
B.3.3	Kestabilan dan Reaktivitas.....	59
B.3.4	Penyimpanan dan Penanganan.....	59
B.3.5	Alat Pelindung Diri .....	59
B.4	Asam Asetat ( $C_2H_4O_2$ ) .....	59
B.4.1	Data Fisik dan Kimia .....	59
B.4.2	Bahaya dan Tindakan Pertolongan Pertama .....	60
B.4.3	Kestabilan dan Reaktivitas.....	60
B.4.4	Penyimpanan dan Penanganan.....	60
B.4.5	Alat Pelindung Diri .....	61
B.5	Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ).....	61

B.5.1	Data Fisik dan Kimia .....	61
B.5.2	Bahaya dan Tindakan Pertolongan Pertama .....	61
B.5.3	Kestabilan dan Reaktivitas.....	62
B.5.4	Penyimpanan dan Penanganan.....	62
B.5.5	Alat Pelindung Diri .....	62
B.6	Dithizon (Dz).....	62
B.6.1	Data Fisik dan Kimia .....	62
B.6.2	Bahaya dan Tindakan Pertolongan Pertama .....	62
B.6.3	Kestabilan dan Reaktivitas.....	63
B.6.4	Penyimpanan dan Penanganan.....	63
B.6.5	Alat Pelindung Diri .....	63
B.7	<i>Thioglycollic Acid</i> (TGA).....	63
B.7.1	Data Fisik dan Kimia .....	63
B.7.2	Bahaya dan Tindakan Pertolongan Pertama .....	64
B.7.3	Kestabilan dan Reaktivitas.....	64
B.7.4	Penyimpanan dan Penanganan.....	64
B.7.5	Alat Pelindung Diri .....	64
B.8	Eriochrome Cyanine r (ECR) .....	65
B.8.1	Data Fisik dan Kimia .....	65
B.8.2	Bahaya dan Tindakan Pertolongan Pertama .....	65
B.8.3	Kestabilan dan Reaktivitas.....	65
B.8.4	Penyimpanan dan Penanganan.....	65
B.8.5	Alat Pelindung Diri .....	66
LAMPIRAN C GRAFIK.....		67
C.1	Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap <i>Recovery</i> Molibdenum pada Variasi Asam Organik .....	67
C.2	Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap <i>Recovery</i> Molibdenum pada Variasi Asam Organik dan Asam Organik.....	67
C.3	Performa <i>Leaching</i> Ion Logam Menggunakan Asam Sitrat.....	68
C.4	Performa <i>Leaching</i> Ion Logam Menggunakan Asam Laktat .....	69
C.5	Performa <i>Leaching</i> Ion Logam Menggunakan Asam Asetat .....	70
C.6	Performa <i>Leaching</i> Ion Logam Menggunakan Asam Format .....	71
C.7	Performa <i>Leaching</i> Ion Logam Menggunakan Asam Sulfat .....	72
C.8	Perbandingan Persen <i>Recovery</i> Ion pada Variasi Jenis Asam Organik.....	73

C.9	Perbandingan Persen <i>Recovery</i> Ion pada Variasi Jenis Asam Organik dan Asam Anorganik .....	73
C.10	Perbandingan Persen <i>Recovery</i> Ion pada Variasi Ukuran Partikel.....	74
C.11	Perbandingan Persen <i>Recovery</i> Ion pada Variasi Densitas Pulp .....	74
	LAMPIRAN D HASIL PENELITIAN .....	75
D.1	<i>Leaching</i> Ion Logam $\text{Mo}^{6+}$ pada Variasi Waktu <i>Leaching</i> .....	75
D.2	<i>Leaching</i> Ion Logam $\text{Co}^{2+}$ dan $\text{Al}^{3+}$ pada Variasi Pelarut (Asam Organik dan Asam Anorganik) – Analisis AAS.....	78
D.3	<i>Leaching</i> Ion Logam $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Mo}^{6+}$ dan $\text{Al}^{3+}$ pada Variasi Ukuran Partikel.....	78
D.4	<i>Leaching</i> Ion Logam $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Mo}^{6+}$ dan $\text{Al}^{3+}$ pada Variasi Densitas Pulp .....	78
D.5	Hasil Analisis XRD .....	79
D.6	Dokumentasi Penelitian.....	79
D.6.1	Variasi Pelarut (Asam Organik dan Asam Anorganik) .....	79
D.6.2	Variasi Ukuran Partikel .....	80
D.6.3	Variasi Densitas Pulp.....	80
	LAMPIRAN E CONTOH PERHITUNGAN.....	81
E.1.	Penentuan Kadar Logam .....	81
E.2.	Perhitungan Perolehan <i>Recovery</i> Ion Logam .....	81

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Skema Mekanisme Proses Leaching .....	12
<b>Gambar 2.2</b> Struktur Molekul Asam Sitrat .....	16
<b>Gambar 2.3</b> Struktur Molekul Asam Format .....	17
<b>Gambar 2.4</b> Struktur Molekul Asam Laktat .....	19
<b>Gambar 2.5</b> Struktur Molekul Asam Asetat .....	20
<b>Gambar 2.6</b> Rangkaian Alat Spektrofotometer UV-Vis .....	21
<b>Gambar 2.7</b> Fenomena Difraksi Hukum Bragg .....	24
<b>Gambar 2.8</b> Prinsip Fluorensi Sinar X .....	25
<b>Gambar 3.1</b> Rangkaian Alat .....	27
<b>Gambar 3.2</b> Proses Pengayakan <i>Spent Catalyst</i> Co-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	28
<b>Gambar 3.3</b> Proses Pembuatan Larutan Asam Organik .....	28
<b>Gambar 3.4</b> Run Utama <i>Leaching Spent Catalyst</i> Co-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	29
<b>Gambar 4.1</b> Hasil Analisis XRD Sampel <i>Spent Catalyst</i> Co-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	32
<b>Gambar 4.2</b> Pengaruh Waktu Leaching terhadap Persen Recovery Ion Mo <sup>6+</sup> .....	34
<b>Gambar 4.3</b> Perbandingan Recovery Ion Logam pada Variasi Jenis Asam Organik .....	36
<b>Gambar 4.4</b> Perbandingan Recovery Ion Logam Menggunakan Asam Sitrat, Asam Laktat, Asam Asetat, Asam Format, dan Asam Sulfat (Hari ke-22) .....	38
<b>Gambar 4.5</b> Perbandingan Recovery Ion Logam pada Variasi Ukuran Partikel .....	39
<b>Gambar 4.6</b> Perbandingan Recovery Ion Logam pada Variasi Densitas Pulp .....	40
<b>Gambar 4.7</b> Hasil Analisis XRD Sampel Hasil Leaching <i>Spent Catalyst</i> Co-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..	42
<b>Gambar A.1</b> Pembuatan Kurva Standar Larutan Kobalt .....	49
<b>Gambar A.2</b> Analisis Kadar Molibdenum dengan Spektrofotometer UV-Vis .....	50
<b>Gambar A.3</b> Pembuatan Larutan Pengompleks TGA .....	50
<b>Gambar A.4</b> Pembuatan Kurva Standar Larutan Molibdenum .....	51
<b>Gambar A.5</b> Analisis Kadar Molibdenum dengan Spektrofotometer UV-Vis .....	52
<b>Gambar A.6</b> Pembuatan Larutan Pengompleks ECR .....	53
<b>Gambar A.7</b> Pembuatan Kurva Standar Larutan Aluminium .....	54
<b>Gambar A.8</b> Analisis Kadar Aluminium dengan Spektrofotometer UV-Vis .....	55

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Tabel Premis Perolehan Recovery Ion Logam Kobalt, <i>Molibdenum</i> , dan Aluminium pada Leaching Menggunakan Asam Organik .....	5
<b>Tabel 2.1</b> Komposisi Spent Catalyst Co-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Nugroho dkk., 2021) .....	7
<b>Tabel 2.2</b> Kelarutan Senyawa Logam dalam Air .....	7
<b>Tabel 2.3</b> Sifat Fisik Asam Sitrat .....	16
<b>Tabel 2.4</b> Sifat Fisik Asam Format .....	18
<b>Tabel 2.5</b> Sifat Fisik Asam Laktat .....	19
<b>Tabel 2.6</b> Sifat Fisik Asam Asetat .....	20
<b>Tabel 2.7</b> Daerah Spektrum Gelombang Elektromagnetik (Skoog, 1971) .....	22
<b>Tabel 2.8</b> Panjang Gelombang Warna pada Cahaya Tampak (Skoog, 1971) .....	22
<b>Tabel 3.1</b> Variasi Run Leaching Spent Catalyst Co-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	30
<b>Tabel 3.2</b> Rencana Kerja Penelitian .....	31
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Analisis XRF Sampel Spent Catalyst Co-Mo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	33
<b>Tabel 4.2</b> Hasil One-way ANOVA Perbandingan Variasi Jenis Asam Organik pada Waktu Leaching .....	35
<b>Tabel 4.3</b> Nilai Ka dan Konsentrasi Asam Organik .....	36
<b>Tabel D. 1</b> Tabel Hasil Leaching Ion Logam Mo <sup>6+</sup> dengan Asam Sitrat pH 3 .....	75
<b>Tabel D. 2</b> Tabel Hasil Leaching Ion Logam Mo <sup>6+</sup> dengan Asam Sitrat pH 3 .....	75
<b>Tabel D. 3</b> Tabel Hasil Leaching Ion Logam Mo <sup>6+</sup> dengan Asam Laktat pH 3 .....	75
<b>Tabel D. 4</b> Tabel Hasil Leaching Ion Logam Mo <sup>6+</sup> dengan Asam Laktat pH 3 .....	76
<b>Tabel D. 5</b> Tabel Hasil Leaching Ion Logam Mo <sup>6+</sup> dengan Asam Asetat pH 3 .....	76
<b>Tabel D. 6</b> Tabel Hasil Leaching Ion Logam Mo <sup>6+</sup> dengan Asam Asetat pH 3 .....	76
<b>Tabel D. 7</b> Tabel Hasil Leaching Ion Logam Mo <sup>6+</sup> dengan Asam Format pH 3 .....	77
<b>Tabel D. 8</b> Tabel Hasil Leaching Ion Logam Mo <sup>6+</sup> dengan Asam Format pH 3 .....	77
<b>Tabel D. 9</b> Tabel Hasil Leaching Ion Logam Mo <sup>6+</sup> dengan Asam Sulfat pH 3 .....	77
<b>Tabel D. 10</b> Tabel Hasil Leaching Ion Logam Mo <sup>6+</sup> dengan Asam Sulfat pH 3 .....	78

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Penggunaan katalis dalam berbagai macam industri kian meningkat seiring dengan berjalannya waktu. Katalis memiliki fungsi yang dapat mempercepat laju reaksi tanpa terkonsumsi, dengan menurunkan energi aktivasi sebuah reaksi. Dengan fungsi yang dimiliki, katalis memiliki peran penting dalam industri untuk meningkatkan efisiensi produksi dalam industri. Namun, setelah beberapa siklus pemakaian, katalis yang telah mengandung banyak kontaminan dapat terdeaktivasi dan menjadi *spent catalyst*. *Spent catalyst* umumnya mengandung logam-logam berharga seperti molibdenum (Mo), vanadium (V), nikel (Ni), kobalt (Co), aluminium (Al), dan masih banyak lagi. Limbah *spent catalyst* yang dihasilkan dari proses-proses dalam industri digolongkan sebagai limbah B3 karena terdapat kandungan-kandungan logam yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Untuk mengurangi bahaya yang ditimbulkan oleh limbah *spent catalyst* ini, dapat dilakukan pengolahan dengan proses *recovery* logam yang dapat dilakukan melalui beberapa metode, yaitu *alkali leaching*, *bioleaching*, pemanggangan menggunakan garam Na, oksidasi elektrokimia, klorinasi, dan *acid leaching* (Banda, dkk., 2013). Dengan memfokuskan pada permasalahan lingkungan, maka proses *recovery* logam akan dilakukan dengan metode *leaching* menggunakan pelarut asam organik, dan memfokuskan pada perolehan logam kobalt (Co), aluminium (Al), dan molibdenum (Mo).

*Leaching* merupakan proses ekstraksi logam dengan memisahkan komponen padatan dengan mengontakkannya menggunakan pelarut. Penggunaan asam organik sebagai pelarut pada proses *recovery* logam memiliki manfaat berlebih karena lebih ramah lingkungan dan limbah yang dihasilkan dapat dengan mudah diproses kembali. Dalam proses *leaching spent catalyst* Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, salah satu asam organik yang dapat digunakan sebagai pelarut adalah asam sitrat, yang akan menghasilkan senyawa kobalt (II) sitrat (C<sub>12</sub>H<sub>16</sub>Co<sub>3</sub>O<sub>14</sub>), molibdenum sitrat (C<sub>24</sub>H<sub>32</sub>Mo<sub>3</sub>O<sub>28</sub>), dan aluminium sitrat (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>AlO<sub>7</sub>). Kobalt (II) sitrat yang dihasilkan memiliki kegunaan dalam preparasi vitamin dan juga sebagai agen terapeutik.

Proses *recovery* ion logam menggunakan pelarut asam organik masih belum banyak dilakukan, terutama pada industri, meskipun memiliki efektivitas serta dampak positif



terhadap lingkungan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Kim, dkk. (2009), proses *leaching spent catalyst* Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dilakukan menggunakan pelarut asam sulfat yang dapat menghasilkan lebih dari 90% Co dan Mo, serta 93% Al. Namun, penggunaan asam anorganik tidak ramah lingkungan karena terdapat gas seperti Cl<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> dan NO<sub>x</sub> yang dapat dilepaskan selama proses *leaching*, serta asam yang dihasilkan setelah proses *leaching* dapat membahayakan lingkungan (Li et al. 2010). Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan proses *leaching spent catalyst* Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menggunakan pelarut asam organik, yaitu asam sitrat, asam laktat, asam asetat, asam format, asam glukonat, dan asam oksalat. Selain melihat pengaruh jenis asam organik, penelitian ini juga akan berfokus pada penentuan kondisi operasi untuk proses *leaching spent catalyst* Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan melakukan variasi terhadap konsentrasi asam, waktu ekstraksi, ukuran partikel, dan densitas pulp.

## 1.2 Tema Sentral Masalah

Berdasarkan studi literatur yang dilakukan, masih belum terdapat penelitian yang mendasar mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi proses *leaching spent catalyst* Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menggunakan pelarut asam organik. Oleh karena itu, penelitian ini akan difokuskan untuk melihat pengaruh variasi asam organik dan berbagai macam kondisi operasi terhadap persentase *recovery* ion Co<sup>2+</sup>, Mo<sup>6+</sup>, dan Al<sup>3+</sup> pada proses *leaching spent catalyst* Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

## 1.3 Identifikasi Masalah

Berdasarkan tema sentra masalah yang telah dirumuskan, maka masalah yang dapat diidentifikasi pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh jenis asam organik terhadap presentase *recovery* ion Co<sup>2+</sup>, Mo<sup>6+</sup>, dan Al<sup>3+</sup> pada proses *leaching spent catalyst* Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi asam organik, waktu ekstraksi, ukuran partikel, dan densitas pulp terhadap presentase *recovery* ion Co<sup>2+</sup>, Mo<sup>6+</sup>, dan Al<sup>3+</sup> pada proses *leaching spent catalyst* Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>?

#### 1.4 Premis

Berdasarkan studi literatur yang dilakukan, diperoleh berbagai parameter yang berkaitan dengan penelitian ini. Premis-premis dari penelitian yang telah dilakukan disajikan dalam **Tabel 1.1**.

#### 1.5 Hipotesis

1. Jenis asam organik mempengaruhi persentase *recovery* ion logam  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Mo}^{6+}$ , dan  $\text{Al}^{3+}$  pada proses *leaching spent catalyst* Co-Mo/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Semakin tinggi ion  $\text{H}^+$  yang terkandung di dalam larutan, semakin efektif jenis asam organik yang digunakan untuk menghasilkan jumlah ion  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Mo}^{6+}$ , dan  $\text{Al}^{3+}$  yang tinggi. Dari penelitian ini, asam sitrat adalah asam yang paling efektif dan asam format adalah asam yang kurang efektif.
2. Konsentrasi asam organik mempengaruhi persentase *recovery* ion logam  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Mo}^{6+}$ , dan  $\text{Al}^{3+}$  pada proses *leaching spent catalyst* Co-Mo/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Semakin tinggi konsentrasi asam organik, semakin banyak ion  $\text{H}^+$  yang bereaksi di dalam larutan sehingga jumlah ion kobalt, molibdenum, dan aluminium yang dapat terikat semakin besar.

#### 1.6 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mempelajari pengaruh jenis asam organik terhadap persentase *recovery* ion logam  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Mo}^{6+}$ , dan  $\text{Al}^{3+}$  pada proses *leaching spent catalyst* Co-Mo/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ .
2. Mempelajari pengaruh konsentrasi asam organik, waktu ekstraksi, ukuran partikel, dan densitas pulp terhadap persentase *recovery* ion logam  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Mo}^{6+}$ , dan  $\text{Al}^{3+}$  pada proses *leaching spent catalyst* Co-Mo/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

#### 1.7 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diterapkan dari penelitian ini antara lain adalah:

1. Dapat memahami proses *leaching spent catalyst* Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan mengetahui pengaruh jenis dan konsentrasi asam organik terhadap persentase *recovery* ion logam Co<sup>2+</sup>, Mo<sup>6+</sup>, dan Al<sup>3+</sup> yang diperoleh pada proses *leaching spent catalyst* Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
2. Dapat memberikan pengetahuan mendalam mengenai proses *leaching spent catalyst* dengan penggunaan pelarut asam organik.
3. Melalui penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan proses pengolahan limbah industri, khususnya limbah padatan *spent catalyst* Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Selain itu, dapat dikembangkan pula pemanfaatan sumber sekunder *spent catalyst* Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> untuk diaplikasikan pada industri di Indonesia.

**Tabel 1.1** Tabel Premis Perolehan Recovery Ion Logam Kobalt, *Molibdenum*, dan Aluminium pada Leaching Menggunakan Asam Organik

Peneliti	Temperatur (°C)	Sampel	Jenis Pelarut	Densitas Pulp (g/L)	Konsentrasi	Pengadukan (rpm)	Waktu Ekstraksi	Recovery Co <sup>2+</sup>	Recovery Mo <sup>6+</sup>	Recovery Al <sup>3+</sup>
Arslanoglu, dkk. (2019)	80	Spent catalyst Mo-Co-Ni/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Asam Format	10	0,6 M	300	90 menit	96.81%	75.82%	19.46%
Yuliusman, Y. (2016)	80	Limbah lithium ion batteries (lib)	Asam Sitrat	20	1 M		60 menit	>90%		
Golmohammadzadeh, dkk. (2017)	60	Limbah lithium ion batteries (lib)	Asam Sitrat	30	2 M		2 jam	81.00%		
Roshanfar, dkk. (2018)	79	Limbah lithium ion batteries (lib)	Asam Glukonat dan Asam Laktat (Agen Pereduksi: Hidrogen Peroksida)	16.53	1,52 M		2 jam	87% (Asam Glukonat); 97% (Asam Laktat)		
Zeng, dkk. (2015)	95	Limbah lithium ion batteries (lib)	Asam Oksalat	15		400	150 menit	97.00%		
Yi Zheng, dkk. (2018)	60	Limbah lithium ion batteries (lib)	Asam Format	20	10:01	1000	20 menit	99.96%		