

**PENGARUH KONSENTRASI ASAM ORGANIK,
WAKTU EKSTRAKSI, DAN JENIS ASAM
ORGANIK TERHADAP PERSENTASE
RECOVERY ION LOGAM Ni²⁺ DAN Al³⁺ PADA
PROSES *LEACHING SPENT CATALYST* Ni/γAl₂O₃**

CHE 184650-04 PENELITIAN

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

oleh:

Tabita Kristina Mora Ayu Panggabean

(2016620035)

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

**PENGARUH KONSENTRASI ASAM ORGANIK,
WAKTU EKSTRAKSI, DAN JENIS ASAM
ORGANIK TERHADAP PERSENTASE
RECOVERY ION LOGAM Ni²⁺ DAN Al³⁺ PADA
PROSES *LEACHING SPENT CATALYST* Ni/γAl₂O₃**

CHE 184650-04 PENELITIAN

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

oleh:

Tabita Kristina Mora Ayu Panggabean

(2016620035)

Pembimbing:

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

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



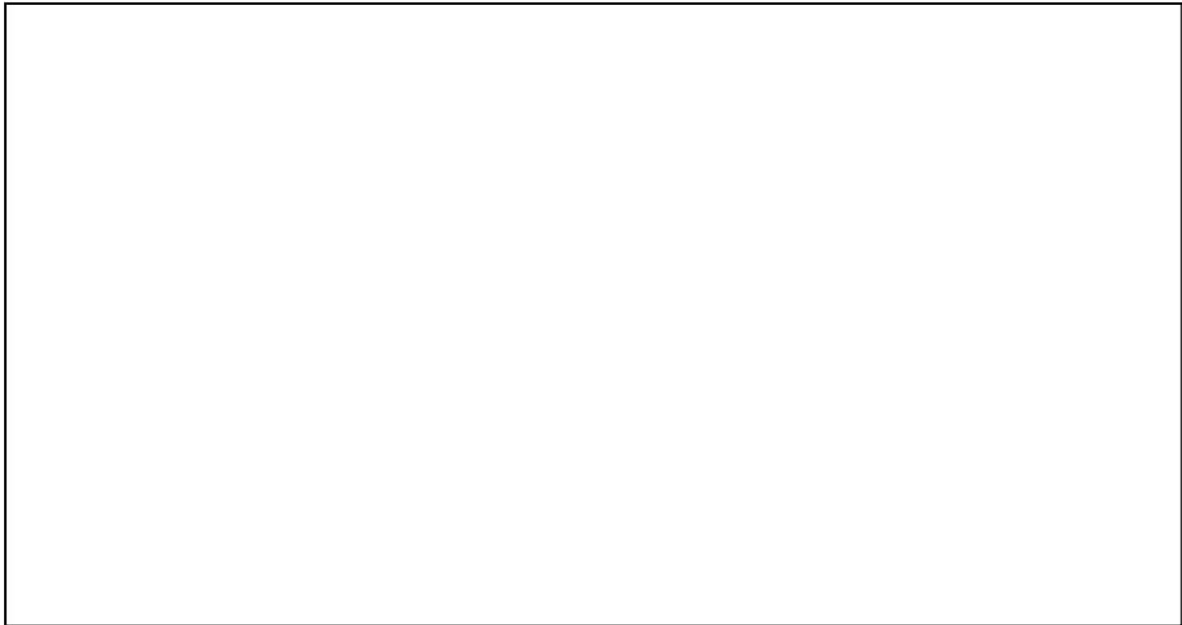
**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : PENGARUH KONSENTRASI ASAM ORGANIK, WAKTU EKSTRAKSI,
DAN JENIS ASAM ORGANIK TERHADAP PERSENTASE *RECOVERY*
ION LOGAM Ni^{2+} DAN Al^{3+} PADA PROSES *LEACHING SPENT*
CATALYST $Ni/\gamma Al_2O_3$**

CATATAN :



Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 11 Februari 2021

Pembimbing 1



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

Pembimbing 2



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 : Tabita Kristina Mora Ayu Panggabean

NRP : 6216035

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**PENGARUH KONSENTRASI ASAM ORGANIK, WAKTU EKSTRAKSI,
DAN JENIS ASAM ORGANIK TERHADAP PERSENTASE *RECOVERY* ION
LOGAM Ni²⁺ DAN Al³⁺ PADA PROSES *LEACHING SPENT CATALYST*
Ni/ γ Al₂O₃**

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, 11 Februari 2021



Tabita Kristina Mora Ayu Panggabean
(6216035)

LEMBAR REVISI

**JUDUL : PENGARUH KONSENTRASI ASAM ORGANIK, WAKTU EKSTRAKSI,
DAN JENIS ASAM ORGANIK TERHADAP PERSENTASE *RECOVERY*
ION LOGAM Ni^{2+} DAN Al^{3+} PADA PROSES *LEACHING SPENT*
CATALYST $Ni/\gamma Al_2O_3$**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 11 Februari 2021

Penguji 1



Y.I.P. Arry Miryanti, Ir., MSi.

Penguji 2



Dr. Angela Justina Kumalaputri, ST, MT.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus oleh karena rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul “Pengaruh Konsentrasi Asam Organik, Waktu Ekstraksi dan Jenis Asam Organik Terhadap Persentase *Recovery* Ion Logam Ni^{2+} dan Al^{3+} Pada Proses *Leaching Spent Catalyst* $Ni/\gamma Al_2O_3$ ” tepat waktu. Dengan kerendahan hati 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.
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.
3. Bapak Sahat Panggabean dan Ibu Awidya Nikaya selaku orang tua penulis atas doa, semangat, dan dukungan yang telah diberikan.
4. Orang-orang 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 laporan penelitian ini. Oleh sebab itu, penulis mengedepankan keterbukaan 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, 11 Februari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
INTISARI.....	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I.....	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 Penelitian	3
1.7. Manfaat Penelitian	3
BAB II	8
TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. <i>Spent Catalyst Ni/γ-Al₂O₃</i>	8
2.2. Senyawa Nikel dan Aluminium yang Terbentuk pada Proses <i>Leaching</i> Menggunakan Asam Asetat, Asam Oksalat, Asam Laktat, dan Asam Sitrat	12
2.3. Asam Organik Sebagai Agen Pelindi	16
2.3.1 Asam Sitrat (C ₆ H ₈ O ₇)	17
2.3.2 Asam Oksalat (C ₂ H ₂ O ₄)	18
2.3.3 Asam Laktat (C ₃ H ₆ O ₃)	18
2.3.4 Asam Asetat (CH ₃ COOH).....	19
2.3.5 Mekanisme Proses <i>Leaching Spent Catalyst Ni/γ-Al₂O₃</i>	20
2.4. <i>Bioleaching</i>	23
2.5. Instrumen Analisis	24

2.5.1	Spektrofotometer Uv-Vis	24
2.5.2	XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	26
2.5.3	XRF (<i>X-Ray Fluorescence</i>)	27
BAB III		28
METODE PENELITIAN		28
3.1.	Gambaran Utama Penelitian	28
3.2.	Bahan	28
3.3.	Alat.....	28
3.3.1	Alat Utama.....	29
3.3.3	Alat Pendukung	29
3.3.3	Rangkaian Alat	29
3.4.	Prosedur Penelitian	29
3.4.1	Pembuatan Larutan Asam Organik	30
3.4.2	Proses Pengayakan <i>Spent Catalyst</i> Ni/ γ -Al ₂ O ₃	30
3.4.3	Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i> Ni/ γ -Al ₂ O ₃	31
3.4.4	Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i> Ni/ γ -Al ₂ O ₃ Menggunakan Asam Anorganik 31	
3.5.	Metode Analisis Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i>	33
3.6.	Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian.....	33
BAB IV.....		34
PEMBAHASAN.....		34
4.1.	Karakteristik Bahan Baku	34
4.2.	Pengaruh Waktu <i>Leaching</i> terhadap Perolehan Ion Logam Ni ²⁺ dan Al ³⁺	35
4.3.	Pengaruh Konsentrasi <i>Leachant</i> terhadap <i>Leaching</i> Logam Ni ²⁺ dan Al ³⁺	38
4.4.	Pengaruh Jenis Asam Organik terhadap <i>Leaching</i> Logam Ni ²⁺ dan Al ³⁺	40
4.5.	Pengaruh Penggunaan Asam Organik dan Asam Anorganik pada Konsentrasi <i>Leaching</i> Ion Logam	43
4.6.	Identifikasi Senyawa pada Sampel Padatan <i>Spent Catalyst</i> Ni/ γ -Al ₂ O ₃ Hasil <i>Leaching</i>	45
BAB V		48
KESIMPULAN DAN SARAN		48
5.1.	Kesimpulan	48
5.2.	Saran	48

DAFTAR PUSTAKA.....	49
LAMPIRAN A	52
METODE ANALISIS	52
A.1. Analisis Kadar Nikel.....	52
A.1.1 Pembuatan Larutan Pengompleks DMG	52
A.1.2 Pembuatan Kurva Standar Larutan Nikel.....	52
A.2. Analisis Kadar Nikel dengan Spektrofotometer Uv-Vis	53
A.3. Analisis Kadar Alumunium	54
A.3.1 Pembuatan Larutan Pengompleks ECR	54
A.3.2 Pembuatan Kurva Standar Larutan Alumunium	54
A.3.3 Analisis Kadar Alumunium dengan Spektrofotometer Uv-Vis	55
LAMPIRAN B.....	57
<i>MATERIAL SAFETY DATA SHEET</i>	57
B.1. Asam Asetat (CH_3COOH)	57
B.2. Asam Sulfat (H_2SO_4)	58
B.3. Natrium Hidroksida (NaOH)	59
B.4. <i>Dimethylglyoxime</i> (DMG)	60
B.5. Natrium Tartat ($\text{C}_4\text{H}_4\text{Na}_2\text{O}_6 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$)	61
B.6. <i>Eriochrome Cyanine R</i> (ECR)	62
B.7. Asam Askorbat	64
B.8. <i>Buffer</i> Asetat	65
B.9. Kalium Persulfat ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$).....	66
B.10 Asam Sitrat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$)	67
B.11 Asam Oksalat ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$).....	68
B.12 Asam Laktat ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$).....	69
LAMPIRAN C.....	72
GRAFIK	72
HASIL PENELITIAN	76
LAMPIRAN E.....	84
E.1 Penentuan Kadar Logam	84
E.2 Perhitungan Persentase <i>Recovery</i> Ion Logam	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Analisis SEM (<i>Scanning Electron Microscopic</i>) dari a) Katalis Ni/ γ Al ₂ O ₃ , b) <i>Spent Catalyst</i> Ni/ γ Al ₂ O ₃	9
Gambar 2. 2 Padatan <i>Nickel (II) Acetate</i>	13
Gambar 2. 3 Struktur Oktahedral Ni (CH ₃ COO) ₂	14
Gambar 2. 4 Padatan Alumunium Triasetat.....	14
Gambar 2. 5 Padatan Nikel Oksalat	15
Gambar 2. 6 Rumus Bangun Asam Sitrat	17
Gambar 2. 7 Mekanisme Proses <i>Leaching</i>	20
Gambar 2. 8 Mekanisme Kerja Spektrofotometer Uv-Vis	25
Gambar 2. 9 Model Difraksi Bragg	27
Gambar 3. 1 Rangkaian Alat Penelitian.....	29
Gambar 3. 2 Pembuatan Larutan Asam Organik	30
Gambar 3. 3 Proses Pengayakan <i>Spent Catalyst</i> Ni/ γ -Al ₂ O ₃	30
Gambar 3. 4 Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i> Ni/ γ -Al ₂ O ₃	31
Gambar 3. 5 Proses <i>Leaching Spent Catalyst</i> Ni/ γ -Al ₂ O ₃ Menggunakan Asam Sitrat 2 M	32
Gambar 4. 1 Hasil Analisis XRD Sampel Awal <i>Spent Catalyst</i> Ni/ γ -Al ₂ O ₃	35
Gambar 4. 2 Perbandingan Waktu <i>Leaching</i> Ion Logam Ni ²⁺ terhadap Persen <i>Recovery</i> Nikel pada Asam Organik Konsentrasi a) 2 M, b) 1 M, c) 0,5 M, d) 0,1 M	36
Gambar 4. 3 Perbandingan Waktu <i>Leaching</i> Ion Logam Al ³⁺ terhadap Persen <i>Recovery</i> Nikel pada Asam Organik Konsentrasi a) 2 M, b) 1 M, c) 0,5 M, d) 0,1 M	38
Gambar 4. 4 Perbandingan Persen <i>Recovery</i> Nikel dan Alumunium pada Variasi Konsentrasi Asam Sitrat	40
Gambar 4. 5 Performa <i>Leaching</i> Ion Logam Menggunakan Larutan Asam Organik 1 M	41
Gambar 4. 6 Performa <i>Leaching</i> Ion Logam Menggunakan Larutan Asam Laktat	42
Gambar 4. 7 Performa <i>Leaching</i> Ion Logam Menggunakan Larutan Asam Oksalat	42
Gambar 4. 8 Performa <i>Leaching</i> Ion Logam Menggunakan Larutan Asam Asetat	43
Gambar 4. 9 Performa <i>Leaching</i> Menggunakan Asam Organik dan Asam Anorganik 0,1 M a) Konsentrasi Ion Logam Ni ²⁺ , b) Konsentrasi Ion Logam Al ³⁺	43
Gambar 4. 10 Persen <i>Recovery</i> Ion Logam Menggunakan Larutan Asam Organik 2 M a) <i>Leaching</i> Ion Logam Ni ²⁺ , b) <i>Leaching</i> Ion Logam Al ³⁺	45
Gambar 4. 11 Hasil Analisis XRD pada Sampel Awal <i>Spent Catalyst</i> Ni/ γ -Al ₂ O ₃ dan Sampel Hasil <i>Leaching</i>	47
Gambar A. 1 Pembuatan Larutan Pengompleks DMG	52
Gambar A. 2 Pembuatan Kurva Standar Larutan Nikel.....	52
Gambar A. 3 Analisis Kadar Nikel	53

Gambar A. 4 Pembuatan Larutan Pengompleks ECR	54
Gambar A. 5 Pembuatan Kurva Standar Larutan Alumunium	54
Gambar A. 6 Analisis Kadar Alumunium.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 1.4. 1 Tabel Premis Perolehan (<i>Yield</i>) Ion Logam Nikel pada Leaching Menggunakan Asam Organik.....	5
Tabel 1.4. 2 Tabel Premis Perolehan (<i>Yield</i>) Ion Logam Alumunium pada Leaching Menggunakan Asam Organik	7
Tabel 2. 1 Komposisi <i>Spent Catalyst</i>	10
Tabel 2. 2 Sifat Fisika dan Kimia Asam Sitrat	17
Tabel 2. 3 Sifat Fisika dan Kimia Asam Laktat	19
Tabel 2. 4 Daerah Spektrum Gelombang Elektromagnetik	26
Tabel 2. 5 Panjang Gelombang Berbagai Macam Warna dalam Daerah Cahaya Tampak	26
Tabel 4. 1 Komposisi Awal Unsur <i>Spent Catalyst</i> Ni/ γ -Al ₂ O ₃	34
Tabel 4. 2 Kelarutan Asam Organik dalam Air	39
Tabel 4. 3 Konstanta Disosiasi Asam Organik	40

INTISARI

Katalis yang telah kehilangan aktivitas katalitiknya (*spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃) digolongkan sebagai limbah B3 (Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun) yang apabila menumpuk akan mengakibatkan pencemaran di alam. Limbah ini perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke *landfill* dengan cara melakukan *recovery* kandungan logam yang terdapat di dalamnya. Dua unsur tertinggi yang terkandung dalam *spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃ adalah aluminium (Al) dan nikel (Ni). Oleh karena itu, penelitian ini akan difokuskan pada pengambilan logam Ni dan Al dari *spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃.

Proses *leaching* dilakukan menggunakan asam organik, yakni asam sitrat, asam laktat, asam oksalat, dan asam asetat dengan variasi konsentrasi 0,1; 0,5; 1; dan 2 M dan waktu ekstraksi selama 30, 60, 120, 180, dan 240 menit pada temperatur ruang (30 °C) serta pengadukan sebesar 140 rpm. Digunakan perbandingan *pulp density* yaitu perbandingan massa *spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃ dan volume asam organik sebesar 1:10. Analisis yang dilakukan adalah uji kadar nikel dan aluminium pada *leachant* menggunakan spektrofotometri Uv-Vis. Dilakukan pula uji padatan dengan menggunakan XRD (*X-ray Diffraction*) dan XRF (*X-ray Fluorescence*) untuk mengidentifikasi puncak kristal pada sampel padatan *spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃ hasil *leaching*. Selain menggunakan asam organik, proses *leaching* juga dilakukan menggunakan asam anorganik yaitu asam sulfat 2 M yang berfungsi sebagai kontrol.

Asam organik yang merupakan *leachant* terbaik untuk proses *leaching* ion logam Ni²⁺ dan Al³⁺ adalah asam sitrat, diikuti dengan asam laktat, asam oksalat, dan asam asetat. Konsentrasi pelarut terbaik untuk proses *leaching* adalah 2 M untuk seluruh jenis asam organik. Waktu terbaik untuk proses *leaching* ialah 240 menit dengan menggunakan asam sitrat dan diperoleh persentase *recovery* ion logam Ni²⁺ sebesar 1,099 % dan ion logam Al³⁺ sebesar 5,627 %. Asam sitrat, asam laktat, dan asam asetat efektif digunakan dalam pelindian ion logam nikel dan aluminium, sedangkan asam oksalat kurang efektif. Perolehan ion logam pada proses *leaching* menggunakan asam anorganik (asam sulfat 0,1 M) lebih besar dibandingkan menggunakan asam organik pada proses *leaching*, namun penggunaan asam anorganik tidak ramah lingkungan.

Kata kunci: *leaching*, *spent catalyst*, nikel, aluminium, *recovery* ion logam

ABSTRACT

Catalysts that have lost their catalytic activity (spent catalyst Ni/ γ -Al₂O₃) are classified as B3 waste (Hazardous and Toxic Waste) which if accumulated will result in pollution in nature. This waste needs to be processed first before being disposed of into the landfill by recovering the metal content contained in it. The two highest elements contained in Ni/ γ -Al₂O₃ spent catalysts are aluminum (Al) and nickel (Ni). Therefore, this research will focus on taking Ni and Al metals from spent catalyst Ni/ γ -Al₂O₃.

The leaching process was carried out using organic acids, namely citric acid, lactic acid, oxalic acid, and acetic acid with various concentrations of 0.1; 0.5; 1; and 2 M and extraction time for 30, 60, 120, 180, and 240 minutes at room temperature (30 °C) and stirring at 140 rpm. The ratio of pulp density (the ratio of the mass of spent catalyst Ni/ γ -Al₂O₃ and the volume of organic acids) used is 1:10. The analysis carried out was the nickel and aluminum content test on the leachant using Uv-Vis spectrophotometry. Solids test was also conducted using XRD (X-ray Diffraction) and XRF (X-ray Fluorescence) to identify crystal peaks in solid samples of spent catalyst Ni/ γ -Al₂O₃ after leaching. Apart from using organic acid, the leaching process was also carried out using inorganic acid, namely sulfuric acid 2 M, which served as a control.

The organic acid which is the best leachant for the leaching process of Ni²⁺ and Al³⁺ metal ions is citric acid, followed by lactic acid, oxalic acid, and acetic acid. The best solvent concentration for the leaching process is 2 M for all types of organic acids. The best time for the leaching process is 240 minutes using citric acid and the recovery percentage of Ni²⁺ metal ions is 1.099 % and Al³⁺ metal ions is 5.627 %. Citric acid, lactic acid, and acetic acid were effective in leaching nickel and aluminum metal ions, while oxalic acid was less effective. The recovery of metal ions in the leaching process using inorganic acid (sulfuric acid 0.1 M) was greater than using organic acids in the leaching process, but the use of inorganic acids was not environmentally friendly.

Keywords: leaching, spent catalyst, nickel, aluminum, metal ion recovery

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan dan perkembangan industri di Indonesia selain memberikan kesejahteraan bagi masyarakat juga menghasilkan limbah. Limbah *spent catalyst Ni/γ-Al₂O₃* yang dihasilkan dari proses industri pewarna, baterai, peleburan baja, petrokimia, dan cat digolongkan sebagai limbah B3 (Bahan Beracun dan Berbahaya) karena mengandung logam berat. Secara umum, *spent catalyst* mengandung komposisi logam Al, Ni, Ca, Si, dan S sebesar 16,67; 6,5; 3,3; 0,41; dan 0,18 % secara berurutan. Pada penelitian ini, difokuskan pada perolehan kembali (*recovery*) logam nikel dan aluminium. Limbah *spent catalyst Ni/γ-Al₂O₃* yang mengandung logam berat apabila dibuang ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu akan menimbulkan pencemaran. Untuk menghilangkan dan mengekstrak logam berat yang terdapat pada *spent catalyst Ni/γ-Al₂O₃* dilakukan proses *leaching* dengan bantuan asam organik sebagai agen pelindi. Melalui proses tersebut, kadar logam berat pada *spent catalyst Ni/γ-Al₂O₃* dapat diminimalkan atau bahkan dihilangkan sehingga limbah tersebut aman dibuang ke lingkungan (Chendan Lin, 2000). Proses *leaching* mengubah mineral yang sukar larut menjadi bentuk yang larut dalam air menggunakan pelarut (*leachant*) (Brandl, 2001).

Proses *leaching* logam berat menggunakan asam organik dapat dikembangkan sebagai salah satu teknologi alternatif untuk mendapatkan perolehan kembali logam (*green leaching method for spent catalyst*). Asam organik seperti asam sitrat maupun asam asetat mampu melarutkan padatan NiO dan Al₂O₃ menjadi ion Ni²⁺ dan Al³⁺ sehingga membentuk larutan Ni (CH₃COO)₂ dan Al (CH₃COO)₃. Penggunaan asam organik pada proses *leaching spent catalyst* memiliki prospek yang menjanjikan karena efektivitas, selektivitas, dan sifat *biodegradable* yang dimilikinya. Sebagian besar asam organik (kecuali asam etilenadiaminatetraasetat/EDTA) dapat terurai (*biodegradable*) dan menimbulkan sedikit atau bahkan tidak ada pencemaran lingkungan (Jadhav & Hocheng, 2012). Beberapa asam organik sangat selektif dan dapat digunakan untuk menghilangkan logam kontaminan tertentu sehingga baik untuk pemurnian logam (*recovery spent catalyst*). Namun, meski lebih unggul apabila ditinjau dari segi efektivitas dan dampaknya terhadap lingkungan, pelindian berbasis asam organik belum dikomersialkan pada skala industri. Hal ini terutama disebabkan karena kurangnya pengetahuan yang komprehensif tentang potensi asam organik serta biaya operasi yang sedikit lebih tinggi ketimbang beberapa asam anorganik komersial

(Pathak, 2020). Penelitian *leaching* menggunakan asam organik merupakan penelitian awal dari *bioleaching*, yakni proses ekstraksi logam dari mineral atau sedimen untuk merubah mineral yang sukar larut menjadi bentuk yang larut dalam air dengan memanfaatkan mikroorganisme (Brandl, 2001). Agen pelindi yang digunakan dalam proses *bioleaching spent catalyst* adalah asam asetat hasil fermentasi kultur campuran *S. cerevisiae* dan *A. aceti*. *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan etanol dari glukosa, kemudian etanol mengalami fermentasi lanjut oleh *Acetobacter aceti* dan menghasilkan asam asetat.

1.2. Tema Sentral Masalah

Terdapat penelitian yang belum mendasar tentang faktor-faktor yang mempengaruhi proses *leaching spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃ menggunakan asam organik. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian yang lebih fundamental untuk mengetahui pengaruh konsentrasi asam organik, waktu ekstraksi, dan jenis asam organik terhadap persentase *recovery* ion logam Ni²⁺ dan Al³⁺ pada proses *leaching spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃. Pada penelitian ini juga dilakukan kontrol dengan menggunakan asam anorganik (asam sulfat).

1.3. Identifikasi Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi asam organik terhadap persentase *recovery* ion logam Ni²⁺ dan Al³⁺ pada proses *leaching spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃?
2. Bagaimana pengaruh waktu ekstraksi terhadap persentase *recovery* ion logam Ni²⁺ dan Al³⁺ pada proses *leaching spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃?
3. Bagaimana pengaruh jenis asam organik terhadap persentase *recovery* ion logam Ni²⁺ dan Al³⁺ pada proses *leaching spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃?
4. Bagaimana perbandingan penggunaan asam organik dan asam anorganik terhadap persentase *recovery* ion logam Ni²⁺ dan Al³⁺ pada proses *leaching spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃?

1.4. Premis

Berdasarkan studi literatur, diperoleh berbagai parameter yang berkaitan dengan penelitian ini. Premis-premis dari penelitian disajikan dalam bentuk Tabel 1.4.1. dan Tabel 1.4.2.

1.5. Hipotesis

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

1. Pada proses *leaching spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃, konsentrasi asam organik berpengaruh terhadap persentase *recovery* ion logam Ni²⁺ dan Al³⁺. Semakin tinggi konsentrasi asam organik, semakin banyak ion H⁺ yang bereaksi dalam larutan sehingga jumlah ion nikel dan aluminium yang dapat terikat semakin besar.
2. Pada proses *leaching spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃, waktu ekstraksi berpengaruh terhadap persentase *recovery* ion logam Ni²⁺ dan Al³⁺. Semakin panjang waktu ekstraksi, perolehan ion nikel dan aluminium yang dihasilkan semakin banyak sampai batas tertentu/optimum, di mana jumlah ion nikel dan aluminium yang terbentuk cenderung konstan.
3. Pada proses *leaching spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃, jenis asam organik berpengaruh terhadap persentase *recovery* ion logam Ni²⁺ dan Al³⁺. Jenis asam organik yang paling efektif digunakan pada proses *leaching* ion logam Ni²⁺ dan Al³⁺ adalah asam sitrat karena memiliki jumlah ion H⁺ yang tertinggi sehingga menghasilkan persen *recovery* ion logam yang terbesar sedangkan jenis asam organik yang kurang efektif adalah asam oksalat.
4. Pada proses *leaching spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃, penggunaan asam anorganik memiliki kekuatan asam (ion H⁺) lebih tinggi sehingga menghasilkan persen *recovery* ion Ni²⁺ dan Al³⁺ yang lebih besar dibanding asam organik.

1.6. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mempelajari pengaruh konsentrasi asam organik terhadap persentase *recovery* ion logam Ni²⁺ dan Al³⁺ pada proses *leaching spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃.
2. Mempelajari pengaruh waktu ekstraksi terhadap persentase *recovery* ion logam Ni²⁺ dan Al³⁺ pada proses *leaching spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃.
3. Mempelajari pengaruh jenis asam organik terhadap persentase *recovery* ion logam Ni²⁺ dan Al³⁺ pada proses *leaching spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃.
4. Mempelajari pengaruh penggunaan asam organik dan anorganik terhadap persentase *recovery* ion logam Ni²⁺ dan Al³⁺ pada proses *leaching spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃.

1.7. Manfaat Penelitian

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

1. Bagi Mahasiswa

- a. Dapat memahami proses *leaching spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃ menggunakan asam organik untuk *recovery* logam nikel dan alumunium yang terkandung di dalam *spent catalyst*.
 - b. Dapat mengetahui pengaruh konsentrasi asam organik, waktu ekstraksi, dan jenis asam organik pada proses *leaching spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃ terhadap persentase *recovery* logam nikel dan alumunium yang diperoleh.
2. Bagi Lembaga Pendidikan

Dapat menambah wawasan mengenai proses *leaching spent catalyst* menggunakan pelarut asam organik.
 3. Bagi Industri dan Pemerintah
 - a. Dapat mengetahui konsentrasi asam organik, waktu ekstraksi, dan jenis asam organik yang sebaiknya digunakan untuk proses *leaching spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃ agar persentase *recovery* ion logam nikel dan alumunium yang diperoleh maksimal.
 - b. Dapat mengurangi limbah industri, khususnya limbah padat *spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃ sehingga pencemaran lingkungan dapat berkurang pula dengan metode yang ramah lingkungan (*leaching* dengan asam organik).
 - c. Diharapkan dapat membantu pemerintah Indonesia dalam rangka pemanfaatan sumber sekunder *spent catalyst* Ni/ γ -Al₂O₃, sehingga dapat diaplikasikan dalam skala industri untuk membantu perekonomian Indonesia.

Tabel 1.4. 1 Tabel Premis Perolehan (*Yield*) Ion Logam Nikel pada *Leaching* Menggunakan Asam Organik

Peneliti	Temperatur (°C)	Sampel	Jenis Pelarut	Konsentrasi	Pengadukan (rpm)	Waktu Ekstraksi	Recovery Ni ²⁺
Gustiana, dkk. (2018)	30, 60, 90	Bijih Limonit <i>Low Grade</i> Pomalaa	Asam Asetat	25 %, 50 %, 75 % (Larutan asam asetat 300 mL)	400	5, 15, 30, 60, 120, 240 menit	41 % (Asam Asetat 25 %, temperatur 90 °C)
Arslanoğlu, dkk. (2019)	80	<i>Spent Mo–Co–Ni/Al₂O₃ catalyst</i>	Asam Format	0,6 M	300	90 menit	93,44 %
He, dkk. (2016)	70	<i>Spent Lithium-Ion batteries (LIBs)</i>	Asam Tartrat dan Hidrogen Peroksida	2 M	400	30 menit	99,31 %
Astuti, dkk. (2016)	30	Bijih Saprolitik Pulau Sulawesi dan Halmahera	Asam Sitrat, Asam Laktat, Asam Oksalat	1 M	200	15 hari	72 % (Asam Sitrat) 38 % (Asam Laktat) 2 % (Asam Oksalat)
McKenzie, dkk. (1987)	28	<i>Limonite Type Laterite</i>	Asam Sitrat, Asam Oksalat, Asam Tartrat	pH 2,6 (Asam Sitrat) pH 2,3 (Asam Oksalat) pH 2,45 (Asam Tartrat)	250	19 hari	20,2 ppm (Asam Sitrat) 18,5 ppm (Asam Oksalat) 16,3 ppm (Asam Tartrat)

Tabel 1.4. 1 Tabel Premis Perolehan (*Yield*) Ion Logam Nikel pada *Leaching* Menggunakan Asam Organik (lanjutan)

Peneliti	Temperatur (°C)	Sampel	Jenis Pelarut	Konsentrasi	Pengadukan (rpm)	Waktu Ekstraksi	<i>Recovery Ni²⁺</i>
Tang, dkk. (2006)	25	<i>Limonite Ore</i>	Asam Sitrat, Asam Malat, Asam Laktat	0,5 M	120	24 hari	33,2 % (Asam Sitrat) 31 % (Asam Malat) 31,3 % (Asam Laktat)
Tzeferis, dkk. (1994)	30	<i>Kastoria Laterite Ore</i>	Asam Sitrat, Asam Laktat, Asam Oksalat, Asam Asetat	0,5 M	400	40 hari	60 % (Asam Sitrat) 19,03 % (Asam Laktat) 4,85 % (Asam Oksalat) 9,13 % (Asam Asetat)

Tabel 1.4. 2 Tabel Premis Perolehan (*Yield*) Ion Logam Alumunium pada Leaching Menggunakan Asam Organik

Peneliti	Temperatur (°C)	Sampel	Jenis Pelarut	Konsentrasi	Pengadukan (rpm)	Waktu Ekstraksi	Recovery Al ³⁺
Vachon, dkk. (1994)	28	<i>Red Mud</i>	Campuran Asam Sitrat dan Asam Oksalat (2:1)	1,25 N (Asam Sitrat) 0,75 N (Asam Oksalat)	200	0,3,6,9,12,24 jam	13.200 mg/L (24 jam)
Munyai dkk. (2013)	30, 40, 50	<i>Top Sample of Mine Tailings</i>	Asam Malat, Asam Glukonat, Asam Oksalat, Asam Sitrat, Asam Tartrat	3 mM	200	8,20, 40,48 jam	6,89938 mg/L (Asam Malat) 6,132435 mg/L (Asam Glukonat) 5,602945 mg/L (Asam Tartrat) 5,225145 mg/L (Asam Oksalat) 3,3568 mg/L (Asam Sitrat)
Urik, dkk. (2017)	25	<i>Boehmite Mineral</i>	Asam Sitrat, Asam Oksalat	10, 25, 50, 100 mM	<i>Static Leaching</i>	24 jam	30 mg/L (Asam Oksalat) 9 mg/L (Asam Sitrat)
Tang, dkk. (2006)	25	<i>Limonite Ore</i>	Asam Sitrat, Asam Malat, Asam Laktat	0,5 M	120	24 hari	14,1 % (Asam Sitrat) 12,8 % (Asam Malat) 13,9 % (Asam Laktat)