



PROSES EKSTRAKSI ION NIKEL(II) DAN ION ALUMINIUM(III) DARI *SPENT CATALYST* DENGAN MENGGUNAKAN PELARUT AIR SUBKRITIK

ICE 410-Penelitian

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

oleh:

William Teja Gunawan (201462047)

Pembimbing:

Ratna Frida Susanti, Ph.D.

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



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

2018

No Karir	: TK GUN p/18
Tanggal	: 8 Februari 2019
No. Absen	: 4374-FTI / skp 36042
Departemen	: FTI

LEMBAR PENGESAHAN



**JUDUL : PROSES EKSTRAKSI ION NIKEL (II) DAN ION ALUMINIUM(III)
DARI SPENT CATALYST DENGAN MENGGUNAKAN PELARUT
AIR SUBKRITIK**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 3 Agustus 2018

Pembimbing Pertama

Ratna Frida Susanti, Ph.D.

Pembimbing Kedua

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



Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan



SURAT PERNYATAAN

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : William Teja Gunawan
NPM : 2014620047

dengan ini menyatakan bahwa Laporan Penelitian dengan judul:

PROSES EKSTRAKSI ION NIKEL(II) DAN ION ALUMINIUM(III) DARI *SPENT CATALYST* DENGAN MENGGUNAKAN PELARUT AIR SUBKRITIK

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat, materi atau 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, 3 Agustus 2018

William Teja Gunawan
(2014620047)

LEMBAR REVISI



**JUDUL : PROSES EKSTRAKSI ION NIKEL(II) DAN ION ALUMINIUM(III)
DARI SPENT CATALYST DENGAN MENGGUNAKAN PELARUT
AIR SUBKRITIK**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 3 Agustus 2018

Penguji 1

Putri Ramadhany, S.T., M.Sc, PEng

Penguji 2

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

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan anugerah-Nya, sehingga laporan penelitian yang berjudul “Pengaruh Temperatur dan Waktu Tinggal dalam Proses Ekstraksi Nikel(II) dan Aluminium(III) dari *Spent Catalyst* dengan Menggunakan Pelarut Air Subkritik” dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Laporan penelitian ini disusun untuk memenuhi persyaratan mata kuliah ICE 410 – Penelitian, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis banyak mendapat bimbingan, pengarahan, dukungan, dan bantuan informasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang turut membantu dan mendukung dalam menyusun laporan proposal / penelitian, terutama kepada:

1. Ratna Frida Susanti, Ph.D. dan Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, serta saran selama penyusunan proposal penelitian ini.
2. Orang tua dan keluarga yang setia memberikan dukungan dan doa serta motivasi baik secara moril maupun materiil.
3. Teman dan sahabat yang telah memberi masukan, dukungan dan semangat kepada penulis.
4. Semua pihak yang telah turut membantu dalam penyusunan proposal penelitian ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan laporan penelitian ini karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis. Dengan demikian, penulis mengharapkan kritik dan saran sebagai bahan perbaikan dalam penyusunan laporan berikutnya. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih atas perhatian pembaca

Bandung, 3 Agustus 2018

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
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 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tema Sentral Masalah	2
1.3. Identifikasi Masalah	3
1.4. Premis	3
1.5. Hipotesis	4
1.6. Tujuan Penelitian	4
1.7. Manfaat Penelitian	4
1.7.1. Bagi Dunia	4
1.7.2. Bagi Negara	5
1.7.3. Bagi Ilmuwan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Nikel	6
2.2. <i>Spent Catalyst</i>	8
2.3. Air, Air Subkritik, dan Air Superkritik	9
2.4. Leaching	16
2.5. <i>Leaching</i> dengan Air Subkritik	19
2.6. Mekanisme Ekstraksi Air Subkritik	19
2.7. Ekstraksi Ion Logam dengan Air Subkritik	20
2.8. Model <i>Shrinking Core</i>	22
2.9. UV-Vis Spectrophotometer	25

2.10. ICP-MS	26
2.11. AAS.....	26
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1. Gambaran Umum Penelitian	28
3.2. Alat dan Bahan.....	28
3.3. Prosedur Percobaan.....	30
3.4. Perhitungan Proses Subkritik	31
3.5. Model <i>Shrinking Core</i>	32
3.6. Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Karakteristik <i>Spent Catalyst</i>	34
4.2 Pengaruh Kondisi Operasi terhadap Konsentrasi Nikel dan Aluminium pada Proses Ekstraksi <i>Spent Catalyst</i>	36
4.2.1 Pengaruh Temperatur terhadap Konsentrasi Nikel dan Aluminium pada Proses Ekstraksi <i>Spent Catalyst</i>	37
4.2.2 Pengaruh Waktu Operasi terhadap Konsentrasi Nikel dan Aluminium pada proses Ekstraksi <i>Spent Catalyst</i>	42
4.3 Model <i>Shrinking Core</i>	44
4.4 Penentuan Energi Aktivasi.....	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN A	53
A.1. Dimetilglioksim(dmgH_2).....	53
A.2. $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	53
A.3. H_2SO_4	54
A.4. Asam Ascorbic	55
A.5. Eriochrome Cyanine R (ECR).....	56
A.6. $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	56
A.7. Sodium Asetat	57
LAMPIRAN B.....	59
B.1. Persiapan sampel.....	59
B.2. Analisa Nikel	59

B.3. Analisa Aluminium.....	62
LAMPIRAN C.....	65
LAMPIRAN D	75



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Produksi Nikel ^[1]	1
Gambar 2.1 Jumlah Nikel Dunia yang ada di Dunia dan Produksi Nikel ^[1]	6
Gambar 2.2 Diagram Fasa Air Fungsi Temperatur dan Tekanan ^[2]	10
Gambar 2.3 Diagram Temperatur-Densitas Air dengan Kondisi Isobar ^[14]	10
Gambar 2.4 Kw air terhadap temperatur dan densitas ^[14]	11
Gambar 2.5 Konstanta dielektik air fungsi temperatur dibandingkan dengan pelarut organik ^[11]	13
Gambar 2.6 Konstanta dielektik air fungsi temperatur dibandingkan dengan campuran air-acetonitrile ^[11]	13
Gambar 2.7 Viskositas air fungsi dari temperatur ^[16]	14
Gambar 2.8 Densitas air(g/cm ³) fungsi dari temperatur ^[16]	14
Gambar 2.9 Langkah-langkah ekstraksi dalam air subkritik ^[22]	20
Gambar 2.10 Mekanisme Model <i>Shrinking Core</i> ^[24]	23
Gambar 2.11 Difusi Lapisan Film <i>Shrinking Core</i> ^[24]	23
Gambar 2.12 Difusi Lapisan Abu <i>Shrinking Core</i> ^[24]	24
Gambar 2.13 Kontrol Reaksi <i>Shrinking Core</i> ^[24]	25
Gambar 2.14 Hasil Deteksi ICP-MS ^[25]	26
Gambar 3.1 Rangkaian Alat	29
Gambar 3.2 Gambar alat.....	30
Gambar 4.1 Grafik Hasil XRD Sampel <i>Spent Catalyst</i> ^[27]	35
Gambar 4.2 Pengaruh Temperatur terhadap Konsentrasi Nikel.....	38
Gambar 4.3 Pengaruh Temperatur terhadap Konsentrasi Alumunium	38
Gambar 4.4 Pengaruh Ikatan Hidrogen terhadap Temperatur dan Tekanan ^[31]	39
Gambar 4. 5 Kelarutan Nikel terhadap pH ^[33]	41
Gambar 4.6 Kelarutan Alumunium terhadap pH ^[34]	41
Gambar 4.7 <i>Ion product</i> Air terhadap Temperatur ^[16]	42
Gambar 4.8 Pengaruh Waktu terhadap Konsentrasi Nikel.....	43
Gambar 4.9 Pengaruh Waktu terhadap Konsentrasi Alumunium	43
Gambar 4. 10 Difusi air dalam padatan terhadap waktu ^[35]	44
Gambar 4.11 Penentuan Energi Aktivasi Nikel	46
Gambar 4.12 Penentuan Energi Aktivasi Alumunium	47
Gambar B.1 Persiapan Sampel	59

Gambar B.2 Pembuatan Potassium Persulfate	59
Gambar B.3 Pembuatan Natrium Tartrate	59
Gambar B.4 Pembuatan NaOH	59
Gambar B.5 Pembuatan H ₂ SO ₄	60
Gambar B.6 Pembuatan Larutan dimetilglioksim	60
Gambar B.7 Pembuatan larutan induk Nikel.....	60
Gambar B.8 Penentuan Panjang Gelombang Nikel.....	60
Gambar B.9 Pembuatan kurva standar larutan Nikel	61
Gambar B.10 Analisa kadar Nikel.....	61
Gambar B.11 Pembuatan Asam Arcobic.....	62
Gambar B.12 Pembuatan Natrium Asetat	62
Gambar B.13 Pembuatan Eriochrome	62
Gambar B.14 Pembuatan H ₂ SO ₄	62
Gambar B.15 Pembuatan larutan induk Aluminium	62
Gambar B.16 Penentuan Panjang Gelombang Aluminium.....	63
Gambar B.17 Pembuatan kurva standar larutan Aluminium.....	63
Gambar B.18 Analisa kadar Aluminium	64



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Nilai <i>Recovery</i> Nikel	3
Tabel 2.1 Jumlah Nikel Dunia ^[1]	6
Tabel 2.2 Perbandingan pengolahan Nikel Sulfida dan Nikel Laterit ^[6]	7
Tabel 2.3 Sifat fisik dan kimia dari air saat beda temperatur ^[17]	15
Tabel 3.1 Hasil data	32
Tabel 3.2 Hasil Konstanta Laju Proses	32
Tabel 4.1 Hasil Uji EDX Sampel <i>Spent Catalyst</i> ^[27]	34
Tabel 4.2 Hasil Ekstraksi Nikel dan Alumunium	37
Tabel 4. 3 Jumlah Ion H ⁺ dalam Air ^[32]	40
Tabel 4.4 Konstanta Laju Proses Nikel	45
Tabel 4.5 Konstanta Laju Proses Alumunium	45
Tabel 4.6 Nilai Energi Aktivasi Nikel	47



INTISARI

Nikel banyak digunakan oleh dunia saat ini untuk pembuatan *stainless steel* dan alat-alat lain untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Sumber utama dari nikel salah satunya berasal dari tanah laterit dan sulfida. Nikel juga tidak hanya didapatkan dari tanah, tetapi bisa diperoleh dari pengolahan kembali *spent catalyst*. Untuk mendapatkan nikel, dapat dilakukan dengan proses *leaching*. Proses *leaching* akan menggunakan solvent untuk mengambil zat yang diinginkan. Salah satu solvent yang dapat digunakan adalah dengan air subkritik. Kondisi air subkritik dapat diatur dengan mengubah temperatur dan tekanan. Jadi dengan menggunakan air subkritik, nikel dalam tanah dapat diambil dengan proses *leaching*.

Dalam penelitian ini, pengolahan *spent catalyst* dilakukan dengan cara mengekstraksi menggunakan air subkritik. Ion logam akan larut di dalam air dan dianalisa untuk mengetahui persen *recovery* yang didapatkan. Penelitian ini juga menggambarkan proses kinetika yang terjadi pada proses ekstraksi. Nilai persen *recovery* dibutuhkan untuk melihat model yang terjadi. Model kinetika yang digunakan pada penelitian ini digambarkan dengan model *shrinking core*. Model *shrinking core* akan menunjukkan nilai kinetika yang paling berpengaruh sehingga dapat menentukan nilai energi aktivasinya.

Pada penelitian ini akan menggunakan variasi temperatur air subkritik pada 100, 150, 200, dan 250°C dengan waktu tinggal reaksi pada 15, 30, dan 45 menit. Ukuran partikel yang digunakan adalah pada ukuran mesh -60+70 dengan tekanan sebesar 70 bar. Hasil analisa akan dilakukan dengan alat spektrofotometer UV-vis. Untuk menentukan konsentrasi hasil ekstraksi sebelumnya dilakukan pembuatan larutan standar, penentuan panjang gelombang maksimum dan pembuatan kurva standar agar dapat menentukan nilai hasil ekstraksi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai konsentrasi nikel dan aluminium yang didapatkan meningkat dengan meningkatnya temperatur dan waktu. Nilai konsentasi terbesar untuk nikel dan aluminium pada 250°C dan 45 menit. Nilai persen *recovery* tertinggi untuk nikel didapatkan sebesar 0,0065% dan aluminium sebesar 0,0439%. Hasil penelitian menunjukan bahwa proses ekstraksi dari *spent catalyst* dapat digambarkan dengan model *shrinking core* yang menunjukkan bahwa proses ekstraksi dikontrol oleh difusi pada lapisan abu. Hasil nilai energi aktivasi yang didapatkan untuk nikel adalah 52,84 kJ/mol dan aluminium sebesar 16,98 kJ/mol.

Kata kunci : nikel, *spent catalyst*, air subkritik, ekstraksi, *leaching*, *shirinking core*



ABSTRACT

Nickel is widely used by the world today for the manufacture of stainless steel and other tools to meet daily needs. The main sources of nickel are from laterite soil. To obtain nickel in laterite soil, can be treated with leaching. The leaching process used solvent to extract the desired substance. One solvent that can be used is with subcritical water. Subcritical water conditions can be adjusted by changing the temperature and pressure. So by using subcritical water, nickel in the soil can be retrieved by the leaching process.

In this study, the processing of spent catalysts was done by extracting used subcritical water. Metal ions will dissolve in water and be analyzed to find the percent recovery. This research also describes the kinetics process. The percent recovery is needed to see the model. The kinetics model in this study is illustrated by the shrinking core model. The shrinking core model will show the most influential kinetics so that it can determine the activation energy value.

This study use variations of subcritical water temperature at 100, 150, 200, and 250°C with residence time at 15, 30, and 45 minutes. The particle size used at mesh size - 60 + 70 with pressure of 70 bar. The results of the analysis will be done by UV-vis spectrophotometer. To determine the concentration of previous extraction results, the standard solution was made, the determination of the maximum wavelength and the standard curve was made in order to determine the value of the extraction result.

The results showed that the concentration of nickel and aluminum increased due to rising temperature and time. The biggest concentration value for nickel and aluminum at 250°C and 45 minutes. The highest concentration values for nickel and aluminum at 250°C and 45 minutes. The highest percent recovery value for nickel was 0.0065% and aluminum was 0.0439%. The results showed that the extraction process of the spent catalyst can be illustrated by the shrinking core model indicating that the extraction process is controlled by the diffusion in the ash layer. The result of activation energy value obtained for nickel is 52,84 kJ/mol and aluminum is 16,98 kJ/mol.

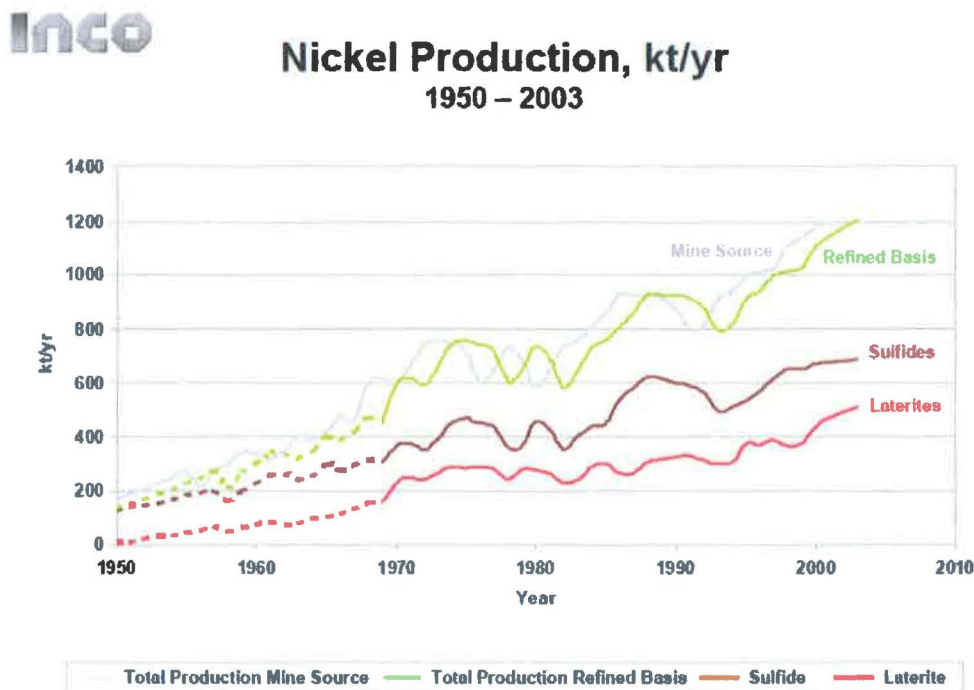
Keywords : nickel, spent catalyst, subcritical water, extraction, leaching, shrinking core

BAB I PENDAHULUAN



1.1. Latar Belakang

Nikel banyak digunakan oleh dunia saat ini. Sebanyak 65% nikel banyak digunakan untuk pembuatan *stainless steel*, fungsi lainnya dari nikel adalah dapat digunakan untuk pembuatan baja dan pembungkus peralatan listrik. Saat ini, nikel yang didapatkan lebih banyak berasal dari batuan sulfida karena menghasilkan produk samping yang dapat menolong biaya produksi yang berlebih menjadi faktor penting dalam pemilihan bahan. Kondisi ketersediaan batuan sulfida yang terus menipis membuat harus mengganti bahan baku batuan sulfida menjadi batuan laterit. Batuan laterit mempunyai kandungan nikel yang lebih banyak dibandingkan batuan sulfida. Dari seluruh hasil produksi nikel di dunia, batuan laterit hanya yang diolah hanya menghasilkan 10% dari semua produksi nikel. Hasil yang seharusnya didapatkan dari batuan laterit bisa menghasilkan lebih karena sumber daya nikel pada batuan laterit 72,2% dari total hasil produksi. ^[1] Hasil perkembangan produksi nikel dari tahun 1950 hingga 2003 masih tetap diungguli oleh penggunaan batuan sulfida seperti yang ditunjukkan oleh gambar 1.1.



Gambar 1.1 Produksi Nikel ^[1]

Produksi nikel berdasarkan batuan laterit dan sulfida menjadi permasalahan karena mulai menipisnya ketersediaan batuan laterit dan sulfida di alam. Ketersediaan yang menjadi masalah utama maka perlu dicarinya sumber daya alternatif baru untuk mengatasi kekurangan ini. Salah satu sumber daya alternatifnya adalah *spent catalyst*. *Spent catalyst* adalah limbah katalis hasil yang digunakan di dalam reaktor yang sudah tidak dapat digunakan kembali dan harus dibuang. *Spent catalyst* memiliki kandungan senyawa-senyawa yang mengandung logam, maka pengolahan kembali *spent catalyst* sangat diperlukan agar senyawa logam yang berharga di dalam *spent catalyst* dapat diambil dan digunakan kembali.

Banyaknya penggunaan katalis di dalam pabrik berarti meningkatkan limbah *spent catalyst* yang ada di dunia, sehingga tuntutan untuk melakukan pengolahan limbah ini sangat diperlukan. Pengolahan yang biasa dilakukan adalah dengan melakukan *leaching* dengan pelarut asam. Penggunaan pelarut asam dalam pengolahan menuntut pengolahan limbah karena asam dapat merusak lingkungan. Mengatasi masalah tersebut maka alternatif baru perlu dikembangkan agar dapat menghasilkan produksi nikel yang lebih baik. Salah satu cara adalah dengan menggunakan proses *leaching* dengan menggunakan pelarut air subkritis. Air subkritis akan mudah didapatkan karena ketersediaan air yang memenuhi bumi, selain itu air banyak digunakan oleh manusia sehingga untuk mendapatkannya dengan harga yang terjangkau. Air subkritis jika dibandingkan dengan pelarut lain yang biasa digunakan akan jauh lebih ramah lingkungan.

Proses pengolahan *spent catalyst* yang sering digunakan memanfaatkan ion H^+ pada asam untuk mendapatkan ion logam. Pada kondisi subkritis, air akan berubah menjadi ion H_3O^+ dan OH^- . Ion H_3O^+ pada air subkritis dapat menggantikan ion H^+ pada asam sehingga penggunaan air subkritis dapat menjadi pengganti penggunaan asam yang sering digunakan.

1.2. Tema Sentral Masalah

Selama ini, pengolahan batuan nikel laterit lebih banyak menggunakan proses *leaching* menggunakan asam. Seiring perkembangan jaman, terdapat cara lain yang baru yang belum banyak digunakan yaitu menggunakan air subkritis. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengkaji penggunaan air subkritis untuk pengolahan batuan nikel laterit.

1.3. Identifikasi Masalah

1. Bagaimana pengaruh dari temperatur terhadap persentase perolehan nikel dalam proses ekstraksi menggunakan air subkritik?
2. Bagaimana pengaruh dari waktu tinggal terhadap persentase perolehan nikel dalam proses ekstraksi menggunakan air subkritik?
3. Bagaimana kinetika proses yang terjadi pada proses ekstraksi menggunakan air subkritik?

1.4. Premis

Tabel 1.1 Nilai *Recovery* Nikel

Sumber	Bahan	Kondisi Operasi	Kondisi Operasi Optimal
Akinsehinwa Akinlua, Roger M. Smith ^[2]	Batuan sedimen organik dari Niger Delta	Temperatur : 100-300°C, $\Delta T = 50^\circ\text{C}$ Waktu reaksi : 10-50 menit, $\Delta t = 10$ menit Tekanan : >5MPa Ukuran Partikel : 120 mesh	T = 250°C t = 30 menit
Erdal Yabalak dan Ahmet Murat Gizir ^[3]	<i>The certificated sewage sludge (sampel tiruan)</i>	Temperatur : 110-130°C, $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ Tekanan : 70-90 bar, $\Delta P = 10$ bar <i>Chelating agent</i> : Acetyl Acetionate Zat Pencuci : 1% HNO ₃ 5 ml	T = 130°C P = 90 bar Ditambahkan dengan zat <i>chelating agent</i>
	<i>The certificated sewage sludge (sampel CRM)</i>	Temperatur : 110-130°C, $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ Tekanan : 70-90 bar, $\Delta P = 10$ bar <i>Chelating agent</i> : Acetyl Acetionate Zat Pencuci : 1% HNO ₃ 5 ml	T = 130°C P = 90 bar Ditambahkan dengan zat <i>chelating agent</i>

Tabel 1.1 Nilai *Recovery* Nikel (lanjutan)

Omid Tavaloki, Hiroyuki Yoshida ^[4]	Organ dalam sampah scallop dari Aomori	Temperatur : 177-377°C, $\Delta T = 50^\circ\text{C}$ Waktu reaksi : 0-60 menit, $\Delta t = 10$ menit	T = 300°C t = 40 menit
Zhirong Xu, Wei Zhu, Jianping Bao, Jiawei Chen ^[5]	<i>dewatered sludge</i>	Temperatur : 350°C Tekanan : 17,5MPa Waktu reaksi : 0-60 menit $\Delta t = 30$ menit	t = 30 menit

Nilai yang dapat digunakan acuan operasi adalah pada saat temperatur mencapai 130, 250 dan 300°C dan waktu ekstraksi pada saat 30 dan 40 menit. Nilai dipilih sebagai acuan berdasarkan pada hasil optimal pada setiap premis.

1.5. Hipotesis

1. Temperatur akan mencapai nilai optimal sehingga nilai *recovery* yang didapatkan akan tinggi di satu titik atau perubahan sudah tidak berarti karena pengaruh difusi dan kelarutan.
2. Waktu ekstraksi akan mencapai nilai optimal sehingga nilai *recovery* yang didapatkan akan tinggi di satu titik atau perubahan sudah tidak berarti karena pengaruh difusi dan kelarutan.
3. Model kinetika digambarkan dengan *shrinking core* dengan jenis difusi melalui lapisan abu merupakan kinetika yang menggambarkan proses ekstraksi dengan menggunakan air subkritik.

1.6. Tujuan Penelitian

1. Mempelajari pengaruh variabel temperatur operasi terhadap persentase perolehan nikel yang didapatkan dengan air subkritik.
2. Mempelajari pengaruh variabel waktu tinggal operasi terhadap persentase perolehan nikel yang didapatkan dengan air subkritik.

1.7. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat bermanfaat bagi dunia, negara, dan ilmuwan.

1.7.1. Bagi Dunia

1. Mengurangi jumlah limbah padat *spent catalyst*.
2. Meningkatkan pengolahan batuan nikel laterit.

1.7.2. Bagi Negara

1. Meningkatkan ekonomi bangsa Indonesia lewat peningkatan produksi nikel.
2. Meningkatkan pengetahuan bangsa Indonesia dalam teknologi pengolahan batuan nikel laterit dengan menggunakan air subkritik.

1.7.3. Bagi Ilmuwan

1. Meningkatkan pengetahuan terhadap penggunaan air subkritik