

**EFEKTIVITAS JERUK NIPIS DALAM PROSES *LEACHING*
BIJIH NIKEL LATERIT ASAL PULAU SERAM, MALUKU**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana dari
Universitas Fajar**

Oleh:

HAERINNISA

2220423001



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

EFEKTIVITAS JERUK NIPIS DALAM PROSES LEACHING BIJIH NIKEL LATERIT ASAL PULAU SERAM, MALUKU

Oleh :

Haerinnisa

2220423001

Menyetujui

Tim Pembimbing

Tanggal, 26 Agustus 2024

Pembimbing



A. Sri Iryani, ST., MT
NIDN. 0906128002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Fajar



Prof. Dr. Ir. Ernati, ST., MT
NIDN. 0906107701

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Universitas Fajar



A. Sri Iryani, ST., MT
NIDN. 0906128002

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Haerinnisa

NIM : 2220423001

Program Studi : Teknik Kimia

Dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul **Efektivitas Jeruk Nipis Dalam Proses Leaching Bijih Nikel Laterit Asal Pulau Seram, Maluku** adalah Karya Ilmiah orisinal saya dan setiap serta seluruh sumber acuan telah ditulis sesuai dengan Panduan Penulisan Ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, 26 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,



Haerinnisa

ABSTRAK

Efektivitas Jeruk Nipis Dalam Proses *Leaching* Bijih Nikel Laterit Asal Pulau Seram, Maluku, Haerinnisa. Salah satu mineral logam yang banyak dimanfaatkan dalam industri kimia dan memiliki nilai jual yang tinggi adalah nikel. Proses *leaching* bijih nikel laterit dengan menggunakan asam anorganik telah banyak dilakukan pada penelitian sebelumnya, seperti yang diketahui penggunaan asam anorganik dengan konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan dampak kerusakan pada lingkungan walaupun harganya cukup terjangkau dibanding penggunaan asam organik. Oleh karena itu, pada penelitian ini dimanfaatkan pelarut organik alami yang berasal dari perasan jeruk nipis sebagai pelarut dalam proses *leaching* nikel. Salah satu proses pengolahan mineral dengan menggunakan larutan kimia adalah proses *leaching*. Proses *leaching* dilakukan menggunakan pelarut organik berasal dari pemanfaatan perasan jeruk nipis dengan variasi konsentrasi penambahan 50% dan 100%. Jenis penelitian yang digunakan adalah eskperimental laboratorium. Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium pengendalian Proses Politeknik ATI Makassar. Hasil residu dari proses pelindian kemudian dianalisis menggunakan XRF untuk mengetahui kadar Ni pada ore kemudian dilakukan perhitungan *%recovery* nikel. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari efektivitas dari jeruk nipis dalam proses *leaching* nikel, kondisi operasi yang menjadi fokus pada penelitian ini yaitu penambahan konsentrasi jeruk nipis dengan penggunaan variasi konsentrasi untuk melihat efektivitas pemanfaatan jeruk nipis yang dapat digunakan dalam meningkatkan nilai *recovery* nikel laterit asal pulau Seram, Maluku.

Kata Kunci : Nikel, *leaching*, jeruk nipis, XRF dan *recovery*.

ABSTRACT

Effectiveness Of Lime In The Leaching Process Of Laterite Nickel Ore From Seram Island, Maluku, Haerinnisa. One of the metallic minerals that is widely used in the chemical industry and has a high selling value is nickel. The process of leaching nickel laterite ore using inorganic acids has been carried out in many previous studies, as it is known that using inorganic acids with concentrations that are too high can cause damage to the environment even though the price is quite affordable compared to using organic acids. Therefore, in this research a natural organic solvent derived from lime juice was used as a solvent in the nickel leaching process. One of the mineral processing using chemical solutions in the leaching process. The leaching process was carried out using an organic solvent derived from the use of lime juice with varying concentrations of 50% and 100% addition. The type of research used was experimental, laboratory. This research will be carried out at the ATI Makassar Polytechnic Process Control Laboratory. The residue results from the leaching process were then analyzed using XRF to determine the Ni content in the ore, then the nickel recovery percentage was calculated. This research aims to study the effectiveness of lime in the nickel leaching process. The operating conditions that are the focus of this research are the addition of lime concentration using varying concentrations to see the effectiveness of lime utilization which can be used to increase the recovery value of laterite nickel from Seram Island, Maluku.

Keywords : Nickel, leaching, lime, XRF and recovery.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan ridhanya sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Efektivitas Jeruk Nipis Dalam Proses *Leaching* Bijih Nikel Laterit Asal Pulau Seram, Maluku

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa tersusunnya Tugas Akhir tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, bantuan yang diberikan oleh berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada:

1. Allah Subhana wata'ala atas ridha dan kuasanya sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir tepat pada waktunya
2. Bapak Haruna R. Parussengi dan Ibu Rugayya sebagai kedua orang tua penulis yang selalu memberikan doa, restu, kasih sayang, dukungan moral, materi, dan motivasi sepanjang perjalanan perkuliahan penulis.
3. Nenek dan saudara penulis yang selalu mendukung dan memberikan semangat dan kasih sayang kepada penulis.
4. Bapak Dr. Mulyadi Hamid, SE., M.Si selaku Rektor Universitas Fajar
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Erniati, ST., MT selaku Dekan fakultas Teknik Universitas Fajar
6. Ibu Dr. Sinardi ST., SP., M.Si selaku Ketua program studi Teknik Kimia Universitas Fajar
7. Bapak Faisal Riza Basalamah, ST., MT selaku Pembimbing Akademik yang senantiasa memberikan dukungan kepada penulis
8. Ibu A. Sry Iryani, ST., M.T selaku ketua Pembimbing Penulis yang senantiasa selalu membantu dan mendukung penulis dalam penyusunan.
9. Seluruh dosen Teknik Kimia Universitas Fajar, terima kasih atas arahan, motivasi dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis sepanjang perjalanan perkuliahan di Universitas Fajar.

10. Keluarga besar PT. Manusela Prima Mining khususnya laboratorium dan Preparasi yang namanya tidak disebutkan satu per satu, atas semua dukungan, semangat, serta kerjasamanya.

Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namun telah memberikan dukungan kepada penulis sepanjang perjalanan ini, diakui dan dihargai. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna Oleh karena itu, penulis dengan tulus mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi memperbaiki dan menyempurnakan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, terutama bagi penulis sendiri. Aamiin.

Makassar, 26 Agustus 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
I.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Nikel	4
II.2 Nikel Laterit.....	6
II.3 Proses Pengolahan Nikel laterit.....	7
II.4 Pelindian (<i>Leaching</i>)	9
II.6 XRF (<i>X-Ray Flouresence</i>).....	13
II.7 Efektivitas Jeruk Nipis Terhadap % <i>Recovery</i>	13

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
III.1 Waktu dan lokasi Penelitian	16
III.2 Alat dan bahan.....	16
III.3 Pelaksanaan Penelitian	16
III.4 Metode Pengumpulan Data	18
III.5 Analisis Data	18
III.6 Variabel Penelitian	19
III.7 Bagan Alur Penelitian.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
IV.1 Hasil.....	23
IV.2 Pembahasan	25
BAB V PENUTUP	28
V.1 Kesimpulan.....	28
V.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN.....	32

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Bahan.....	14
Tabel 2. 2 Daftar Penelitian sebelumnya yang relevan	14
Tabel 4. 1 Kadar Ni hasil XRF.....	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Nikel ukuran 200 <i>mesh</i>	4
Gambar 4. 1 Data senyawa jeruk nipis 100% menggunakan GCMS	23
Gambar 4. 2 Data senyawa jeruk nipis 50% menggunakan GCMS	24
Gambar 4. 3 Efektivitas Jeruk nipis terhadap % <i>recovery</i> nikel	25

DAFTAR SIMBOL

SINGKATAN

GC-MS	Gas Chromatography-Mass Spectrometry	3
XRF	X-Ray Flouresence	13
pH	Potential of Hydrogen	17

SIMBOL

$\pm$	Kurang atau lebih dari angka yang ditampilkan	18
%	Menunjukkan persentase, pecahan dari 100	18
%R	<i>Recovery</i> nikel	18
M_0	Massa umpan (gram)	18
m_i	Massa residu (gram)	18
c_0	Konsentrasi awal (%)	18
c_i	Konsentrasi residu (%)	18

BAB 1

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Sumberdaya mineral, merupakan sumber yang sangat penting dalam menopang perekonomian Indonesia Sejalan dengan kemajuan teknologi, semakin banyak pula mineral yang dieksploitasi demi memenuhi berbagai macam sumberdaya mineral. Namun sayangnya sumberdaya mineral adalah sumberdaya yang tidak dapat diperbarui lagi, pada suatu saat sumberdaya tersebut tidak akan ada lagi di bumi jika terus-menerus digunakan. Disinilah pentingnya mengelola sumberdaya mineral dengan memahami seutuhnya karakteristik dan potensi sumberdaya mineral di Indonesia guna kemajuan dan kemakmuran bangsa (Hidayat, 2019). Meningkatnya permintaan logam di dunia memerlukan studi intensif untuk ekstraksi logam dari bijih berkadar rendah dan atau sumber daya sekunder. (Abdel-Aal & Rashad, 2004).

Nikel merupakan salah satu komoditas tambang utama dari Negara Indonesia, di Indonesia dijumpai nikel laterit. Nikel mempunyai sifat tahan karat. Nikel laterit diartikan sebagai endapan lapukan yang mengandung nikel secara ekonomis dapat ditimbang. Batuan endapan Nikel laterit adalah batuan ultrabasa, umumnya dari jenis harzburgit (periodit yang kaya unsur ortopiroksen), dunite dan jenis peridotite yang lain. Endapan nikel laterit ini ditemukan di daerah Indonesia bagian timur seperti Pulau Sulawesi, pulau-pulau di Maluku maupun di daerah Papua. (Isjudarto, 2013).

Rendahnya kadar nikel dalam bijih nikel menjadi kendala tersendiri dalam produksi nikel. Berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan *recovery* dalam ekstraksi nikel, diantaranya dengan melakukan proses *leaching*. *Leaching* adalah proses pemisahan suatu zat terlarut yang terdapat di dalam suatu padatan dengan mengontakkan padatan tersebut dengan pelarut (*solvent*). Salah satu pelarut (*solvent*) yang sering digunakan yaitu asam sitrat dan asam asetat karena dapat memberikan *recovery* pada nikel.

Proses *leaching* bijih nikel laterit dengan menggunakan asam anorganik telah banyak dilakukan pada penelitian sebelumnya, seperti yang diketahui penggunaan asam anorganik dengan konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan dampak kerusakan pada lingkungan walaupun harganya cukup terjangkau dibanding penggunaan asam organik. Pada penelitian (Astuti dkk., 2015) telah berhasil melakukan proses pelindian dengan asam organik.

Penggunaan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) sebagai leachant diharap dapat membantu proses *leaching*. Beberapa asam organik sangat selektif dan dapat digunakan untuk menghilangkan logam kontaminan tertentu sehingga baik untuk pemurnian logam. Namun, meski lebih unggul apabila ditinjau dari segi efektivitas, selektivitas dan dampaknya bagi lingkungan, pelindian berbasis asam organik belum banyak digunakan dalam skala industri dikarenakan belum banyaknya pengetahuan yang lebih khusus mengenai potensi asam organik serta biaya operasi yang lebih terjangkau.

Asam sitrat dan asam asetat adalah asam organik yang secara alami yang terdapat pada buah-buahan seperti jeruk. Dan salah satu pelarut yang juga dapat digunakan dalam proses *leaching* adalah asam sitrat dan asam asetat, di penelitian ini asam sitrat yang digunakan berasal dari buah jeruk nipis.

Penggunaan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) sebagai pelarut organik untuk *leaching* nikel belum pernah dilakukan, agar pemanfaatan asam organik alami dapat dimanfaatkan untuk mengolah mineral khususnya nikel maka dilakukan penelitian ini. Dengan pemanfaatan tanaman tersebut diharapkan dapat memberikan solusi dengan biaya lebih ekonomis dan lebih ramah lingkungan sehingga dapat memberikan nilai tambah terhadap produk industri pemrosesan mineral di Indonesia khususnya nikel.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana efektivitas jeruk nipis dalam proses *leaching* bijih nikel laterit asal pulau Seram, Maluku ?

2. Bagaimana pengaruh variasi perbandingan perasan jeruk nipis pada %*recovery* nikel ?
3. Bagaimana potensi pelarut alami yang dimanfaatkan pada proses *leaching* nikel ?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui efektivitas jeruk nipis dalam proses *leaching* bijih nikel laterit asal pulau Seram, Maluku
2. Mengetahui pengaruh variasi perbandingan perasan jeruk nipis pada %*recovery* nikel
3. Mengetahui potensi pelarut alami yang dimanfaatkan pada proses *leaching* nikel

I.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bahan pengujian yaitu nikel laterit berasal dari pulau Seram, Maluku
2. Pengujian konsentrasi dari sari buah jeruk nipis menggunakan GC-MS
3. Menggunakan sari buah jeruk nipis sebagai pelarut karena dinilai mampu menghasilkan nilai *recovery* nikel
4. Perbandingan dengan penambahan jeruk nipis 100 % dan jeruk nipis 50 %
5. Ditambahkan *magnetic stirrer* ketika melakukan pemanasan dengan kecepatan konstan
6. Pengujian dilakukan di Laboratorium Pengendalian Proses Politeknik ATI Makassar
7. Melakukan penyaringan sampel hasil *leaching* kemudian melakukan pengeringan dengan oven pada suhu 100°C selama 2 jam
8. Melakukan pengujian karakterisasi pada material dengan menggunakan alat xrf untuk melihat *recovery* nikel setelah proses pelindian (*leaching*)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Nikel

Nikel merupakan logam strategis yang sering digunakan untuk produksi baja tahan karat dan campuran logam tanpa besi dengan kekuatan impak yang tinggi, ketahanan terhadap korosi yang tinggi, dan juga sifat lainnya yang diinginkan seperti sifat listrik, termal, dan magnetic. (MacCarthy dkk., 2016).



Gambar 2. 1 Nikel ukuran 200 *mesh*

(Sumber : Data Primer Penelitian, 2024)

Nikel bersifat keras dan tahan korosi, dengan titik leleh yang relatif tinggi yaitu 1453 °C, hampir sama dengan besi. Namun nikel bersifat lunak dan ulet sehingga mudah diolah menjadi lembaran dan kabel. Nikel memiliki konduktivitas termal dan listrik yang rendah serta bersifat magnetis, meskipun pada tingkat yang lebih rendah dibandingkan besi. Sebagai logam murni, nikel sangat tahan lama dan mudah dipadukan dengan banyak logam lainnya.(L E Hetherington, dkk., 2007).

Sifat fisik utama dan fitur lainnya dapat dilihat dalam tabel 2.1

Tabel 2. 1 Spesifikasi Bahan

Simbol	Ni	Satuan
Nomor Atom	29	
Berat Atom	58,6934	
Kepadatan pada 293K	8902	Kg/m ³
Titik lebur	1453	°C

Simbol	Ni	Satuan
Titik didih	2732	°C
Struktur Kristal	Kubik berpusat muka	
Kekerasan	3,8	Moh
Konduktivitas Listrik	22	%(standar tembaga internasional)

(Tom Bride dkk, 2008)

Nikel ada di kerak bumi terutama dalam bentuk oksida, sulfida, dan silikat. Mayoritas simpanan nikel yang ekonomis terjadi di dua lingkungan geologi. seperti endapan magmatik sulfida dan endapan laterit. Endapan sulfida terbentuk selama kristalisasi lambat badan magma di aliran lava yang dalam atau kuno. Mineral bijih utama adalah pentlandit $[(Ni, Fe), sy]$. Bijih laterit yang mengandung nikel terbentuk oleh pelapukan permukaan di daerah tropis dan subtropis. Mineral bijih utama adalah nikel limonit $[(Fe, Ni), O (OH)]$ dan garmierit (nikel silikat hidro). (L E Hetherington, dkk., 2007).

Pertambangan menambang bijih sulfida dan laterit dengan proporsi yang hampir sama, dan bijih laterit saat ini menyumbang sekitar 70% dari sumber daya nikel yang diketahui. Pesatnya perkembangan produksi nikel pig iron di Tiongkok telah memungkinkan eksploitasi ekonomi bijih teroksidasi kadar rendah. Bijih nikel tersedia secara luas, namun produsen utama nikel adalah Rusia, Kanada, Australia, Indonesia, Kaledonia Baru, Kolombia, dan Brazil. Pabrik peleburan nikel besar yang mengolah bahan mentah impor beroperasi di Norwegia, Finlandia, Prancis, Jepang, dan Inggris. Nikel biasanya diperoleh dari bijih sulfida melalui proses pirometalurgi (peleburan) yang diikuti dengan pemurnian elektrolit. Bijih laterit dapat dilebur langsung menjadi feronikel atau diolah melalui proses pelindian hidrometalurgi menggunakan amonia atau asam. Saat ini, proses bioleaching baru sedang dikembangkan untuk memproses bijih berkadar rendah dan pengolahan limbah. (L E Hetherington, dkk., 2007).

II.2 Nikel Laterit

Istilah "*lateralite*" secara umum didefinisikan sebagai endapan yang kaya akan oksida besi dan rendah silika, yang umumnya terdapat pada endapan lapuk di iklim tropis. Beberapa orang menafsirkan nikel laterit sebagai endapan lapuk yang mengandung nikel dan dapat ditambang secara ekonomis. Endapan nikel laterit dicirikan oleh pelapukan mengulit bawang (*spheroidal weathering*) dan umumnya tersebar di sepanjang struktur rekahan dan rekahan (*boulder saprolite*). Pelapukan menyebabkan Mg dan Si larut ke dalam air tanah. Ini sepenuhnya mengubah struktur batu kasar. Akibatnya, oksida besi membentuk lapisan horizontal di atas saprolit dan menjadi dominan, yang sekarang dikenal sebagai mineral oksida besi jenis limonit. (Isjudarto, 2013).

Bijih laterit merupakan tanah merah yang terbentuk akibat pelapukan batuan asli (induk) di daerah tropis atau subtropis. Komposisi laterit sangat kompleks karena kaya akan kaolinit, goetit, dan kuarsa. Secara kimia, laterit dicirikan oleh adanya besi, nikel, dan silikon dioksida sebagai sisa proses pelapukan pada batuan induknya. Kebanyakan laterit terbentuk dari batuan kaya besi seperti hematit dan goetit, yang berwarna merah, kuning, atau coklat. (Arinaldo, 2016).

Menurut (Arinaldo, 2016), profil endapan laterit secara umum dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Zona Limonit

Zona Limonit Pada daerah ini umumnya endapannya berwarna merah sampai kecoklatan dan kaya akan zat besi sekitar 20%-50%. Umumnya mengandung mineral hematit dan goetit. Zona limonit memiliki struktur *clay* (lempung) yang sangat halus. Daerah ini juga mempunyai bagian transisi yang mewakili peralihan antara daerah limonit dan saprolit, dan biasanya berwarna merah.

2. Zona Saprolit

Zona Saprolit Daerah ini biasanya berwarna abu-abu sampai hijau kecoklatan. Ini mengandung mineral serpentin dan olivin. Wilayah ini memiliki kandungan Ni lebih dari 2%. Batuan pada zona saprolit bervariasi dari halus

hingga *boulder* (besar). *Boulder* ini biasanya merupakan bagian dari proses batuan induk yang belum sempurna.

3. Zona *Bedrock*

Zona Batuan Dasar Daerah ini merupakan bagian terendah dari profil laterit. Daerah batuan dasar tidak dapat ditambang karena batuan dasar tersebut tidak ekonomis. Berbeda dengan bijih di atasnya, zona *Bedrock* (batuan dasar) memiliki kandungan nikel dan besi yang lebih rendah.

Penambangan yang berkelanjutan diharapkan dapat mengurangi cadangan nikel seiring berjalannya waktu. Dengan demikian, pemanfaatan nikel laterit sebagai bahan baku akan memainkan peran krusial dalam proses produksi nikel global di masa yang akan datang, dengan penekanan pada pengolahan yang lebih efisien.

II.3 Proses Pengolahan Nikel laterit

Ada dua metode utama yang dapat digunakan dalam pengolahan nikel laterit, yaitu pirometalurgi dan hidrometalurgi. Kedua proses ini dapat diimplementasikan secara komersial dalam skala industri untuk mengekstraksi nikel dari endapan nikel laterit. Jenis nikel laterit yang bersifat saprolit lebih cocok untuk diolah menggunakan pirometalurgi, sementara yang tipe limonit lebih sesuai dengan proses hidrometalurgi.

Secara ekonomi, penggunaan hidrometalurgi pada nikel laterit jenis saprolit dianggap kurang menguntungkan karena tingginya kandungan magnesium dan aluminum. Ini disebabkan oleh sifat reaktif magnesium yang lebih tinggi dibandingkan dengan logam lain seperti nikel dan besi. Dengan demikian, jika konsentrasi asam yang sama digunakan untuk pelindian, asam akan lebih cenderung bereaksi dengan magnesium daripada unsur logam lainnya. Selain itu, kandungan aluminum yang tinggi pada saprolit dapat membentuk senyawa alunit. $[(H_3O)Al_3(SO_4)_2(OH)_6]$ yang dapat menyebabkan endapan pada reaktor. (Siregar, 2017).

1. Proses Pirometalurgi

Proses pirometalurgi, atau peleburan, adalah suatu metode pengolahan mineral yang melibatkan penggunaan suhu tinggi, dengan panas yang dihasilkan berasal dari tungku berbahan bakar batubara (kokas). Batubara bukan hanya berfungsi sebagai bahan bakar, melainkan juga sebagai agen pereduksi dalam proses peleburan. Jenis nikel laterit, khususnya saprolit dengan kandungan nikel tinggi ($>2\%$), cocok untuk diolah menggunakan metode pirometalurgi. Proses ini digunakan untuk menghasilkan feronikel, nikel matte, atau besi kasar nikel. Keuntungan dari proses pirometalurgi meliputi keandalan yang terbukti, tingkat perolehan nikel yang tinggi, serta ketersediaan reagen yang umumnya ekonomis dan mudah diperoleh. Namun, metode ini juga menimbulkan masalah lingkungan, seperti polusi udara akibat penggunaan suhu tinggi, dan memerlukan konsumsi energi yang signifikan. (Siregar, 2017)

2. Hidrometalurgi

Hidrometalurgi merupakan suatu proses pemurnian logam yang menggunakan pelarut kimia untuk melarutkan bahan logam tertentu dan meningkatkan kemurnian logam yang diinginkan (*leaching*). Hidrometalurgi merupakan metode yang menjanjikan karena dapat menghasilkan nikel dengan kemurnian tinggi. Selain itu, pelarut dapat didaur ulang dan digunakan kembali, sehingga mengurangi biaya produksi. (Kyle, 2015)

Menurut (Siregar, 2017) proses hidrometalurgi digambarkan terdiri dari tiga tahapan yaitu :

1. *Leaching* (pengikisan) dimana proses ini melibatkan pengikisan logam dari batuan dengan menggunakan reduktan organik, dan juga dapat membantu melarutkan logam dari substratnya dan membentuk larutan yang kaya akan logam tersebut.
2. Pemekatan larutan hasil *leaching* dan pemurniannya, dimana larutan yang dihasilkan dari tahap *leaching* kemudian diproses untuk dipekatkan dengan tujuan meningkatkan konsentrasi logam dalam larutan sehingga lebih efisien untuk dilakukan pemurnian. Pemurnian sendiri melibatkan langkah-langkah

untuk menghilangkan impuritas dan senyawa yang tidak diinginkan dari larutan.

3. *Recovery* (Pemulihan) dimana pada tahap ini melibatkan pengambilan logam dari larutan yang dihasilkan pada tahap *leaching*. Metode pemulihan dapat berupa presipitasi, elektrolisis, atau metode lainnya yang memungkinkan pemisahan dan pemulihan logam dari larutan dengan tingkat kemurnian yang diinginkan.

II.4 Pelindian (*Leaching*)

Leaching adalah proses pemurnian zat terlarut dari padatan menggunakan pelarut. Di dalam metalurgi ekstraksi, pelindian (*Leaching*) adalah proses melarutkan satu atau lebih mineral tertentu dari bijih, konsentrat, atau produk metalurgi lainnya.

Menurut (Siregar, 2017) Proses pelindian dipengaruhi oleh beberapa faktor yang membantu meningkatkan hasil *recovery* mineral diantaranya :

1. Suhu Operasi

Suhu yang digunakan dalam proses *leaching* mempengaruhi laju reaksi. Hal ini dapat dilihat dari persamaan Arrhenius. Penggunaan suhu pengoperasian yang lebih tinggi akan meningkatkan hasil mineral yang terlindih.

Menurut penelitian (Nurfaidah dkk., 2020) yang dilakukan kondisi operasi suhu yang paling optimal mengalami kenaikan yang signifikan adalah 80-90 °C, dimana pada suhu tersebut menghasilkan nikel terlarut lebih dari 80% namun untuk mendapatkan hasil yang optimum harus selalu didukung dengan parameter lainnya.

2. Ukuran Partikel

Ukuran partikel bijih mempengaruhi luas permukaan yang bersentuhan dengan *leachant*. Untuk berat sampel yang sama, semakin kecil ukuran partikel bijih, semakin besar luas permukaan totalnya dan membuat *recovery* mineral meningkat.

3. Jenis Asam dan Konsentrasi asam

Jenis asam dan konsentrasi asam yang dapat digunakan dalam proses pelindian adalah asam anorganik (misalnya asam sulfat) atau asam organik (misalnya asam sitrat). Berbagai jenis asam mempengaruhi hasil akhir dari proses pencucian. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan asam anorganik menghasilkan tingkat perolehan mineral yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan asam organik. Selain itu, penggunaan konsentrasi asam yang lebih tinggi akan meningkatkan laju pelindian.

4. Kecepatan pengadukan

Semakin cepat kecepatan pengadukan pada proses pelindian maka tumbukan antar molekul semakin besar. Hal ini meningkatkan kecepatan proses pelindian dan juga meningkatkan nilai *recovery*.

5. Komposisi mineral dalam bijih

Kandungan mineral dalam bijih mempengaruhi proses pelindian. Misalnya, saprolit nikel laterit mengandung magnesium dan aluminium dalam jumlah besar dibandingkan limonit. Ketika nikel saprolit laterit mengalami proses pelindian, dibutuhkan asam dalam jumlah besar.

6. Waktu

Semakin lama proses *leaching* berjalan maka hasil ekstraksi mineral akan semakin baik. Proses pelindian nikel laterit dapat dilakukan dengan menggunakan asam anorganik seperti asam sulfat atau asam nitrat sebagai bahan pelindiannya.

II.5 Jeruk Nipis (*Citrus Aurantifolia*)

Nama Lokal : Lime (Inggris), Lima (Spanyol), Limah (Arab); Jeruk Nipis (Indonesia), Jeruk pecel (Jawa); Limau asam (Sunda);

Jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) termasuk salah satu jenis citrus. Jeruk nipis termasuk jenis tumbuhan perdu yang banyak memiliki dahan dan ranting. Batang pohonnya berkayu ulet dan keras. Sedang permukaan kulit luarnya berwarna tua dan kusam. Tanaman jeruk nipis pada umur 2 1/2 tahun sudah mulai berbuah. Bunganya berukuran kecil-kecil berwarna putih dan buahnya berbentuk bulat sebesar bola pingpong berwarna (kulit luar) hijau atau kekuning-kuningan.

Buah jeruk nipis yang sudah tua rasanya asam. Tanaman jeruk umumnya menyukai tempat-tempat yang dapat memperoleh sinar matahari langsung. 1. Syarat Tumbuh a. Iklim • Ketinggian tempat : 200 m - 1.300 m di atas permukaan laut • Curah hujan tahunan : 1.000 mm - 1.500 mm/tahun • Bulan basah (di atas 100 mm/bulan): 5 bulan - 12 bulan • Bulan kering (di bawah 60 mm/bulan): 0 bulan - 6 bulan • Suhu udara : 200 C -300 C • Kelembapan : sedang - tinggi • Penyinaran : sedang b. Tanah • Jenis : latosol, aluvial, andosol. • Tekstur : lempung berpasir lempung dan lempung liat • Drainase : baik • Kedalaman air tanah : 40 cm - 170 cm dari permukaan tanah • Kedalaman perakaran : di bawah 40 cm dari permukaan tanah • Kemasaman (pH) : 4 - 9 • Kesuburan : sedang - tinggi 2. Pedoman Bertanam a. Pegolahan Tanah • Buatlah lubang tanam berukuran 50 cm x 50 cm x 40 cm. • Tanah bagian atas dipisahkan dari tanah di bawahnya, kemudian diberi pupuk kandang. • Tanah bagian bawah dimasukkan kembali, kemudian disusul tanah bagian atas. b. Persiapan Bibit • Jeruk nipis dapat diperbanyak secara cangkok dan okulasi. c. Penanaman • Bibit ditanam pada lubang tanam yang telah disediakan. • Jarak tanam 6 m x 6 m. (Purwaningsih & Kuswiyanto, 2019).

Asam sitrat merupakan asam organik lemah yang ditemukan pada daun dan buah tumbuhan genus *Citrus* (jeruk-jerukan). Asam sitrat terdapat pada berbagai jenis buah dan sayuran, namun ditemukan pada konsentrasi tinggi, yang dapat mencapai 8% bobot kering, pada jeruk lemon dan limau misalnya jeruk nipis dan jeruk purut. Jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) juga dikenal dengan sinonim *limonia aurantifolia*, *Citrus javanica*, *Citrus notissima*. Sari buahnya yang sangat asam berisi asam sitrat berkadar 7-8% dari berat buah. Kandungan sitrat jeruk nipis lokal 10 kali lebih besar dibanding kandungan sitrat pada jeruk keprok atau 6 kali jeruk manis. (Purwaningsih & Kuswiyanto, 2019).

Citrus atau jeruk merupakan salah satu jenis buah-buahan yang terkenal akan keasamannya karena banyak mengandung asam sitrat ($C_6H_8O_7$). Selain itu, jeruk juga mengandung asam asetat, kalsium, fosfor, dan besi. Keunggulan lain dari buah jeruk adalah ketersediaannya yang melimpah serta limbah kulit jeruk juga memiliki kandungan asam yang juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bio-

baterai. Buah jeruk banyak mengandung asam sitrat ($C_6H_8O_7$). Pada saat pengendapan /fermentasi awal (48 jam), asam sitrat yang terkandung di dalam buah jeruk mengalami proses pengikatan ion-ion bermuatan listrik sehingga kadar asam meningkat dan proses penghantaran arus listrik juga mengalami peningkatan. Namun selama dilakukan proses pengukuran, terjadi paparan oksigen pada larutan jeruk sehingga mengalami proses oksidasi dimana ion hidrogen (H^+) terlepas. (Suciyati dkk., 2019).

Jeruk nipis merupakan buah yang memiliki kandungan asam tinggi yang di dalamnya mengandung mineral, nutrien, flavonoid, asam sitrat, asam asetat, vitamin C dan merupakan salah satu penyebab korosi. Korosi dapat diartikan sebagai penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Korosi terjadi ketika terdapat kehilangan ion pada logam secara langsung ke dalam suatu larutan atau hilangnya lapisan permukaan secara progresif. Korosi dapat menyebabkan permukaan braket ortodonti menjadi kasar, melemahkan pemakaian braket ortodonti, terjadinya pelepasan elemen dari metal atau paduannya yang dapat menghasilkan perubahan warna pada jaringan lunak sekitarnya, serta reaksi alergi dari beberapa pasien. Terjadinya korosi tidak dapat dicegah tetapi lajunya dapat dikurang. (Pakpahan, 2018).

Citraconic anhidrat, itaconic anhidrat dan itaconic acid merupakan senyawa turunan dari asam sitrat. Proses detilasi telah merubah asam sitrat melalui reaksi dekarboksilasi dan dehidrasi menghasilkan senyawa itaconic anhidrat, citraconic anhidrat dan itaconic acid (Wyrzykowski dkk., 2011). Komposisi senyawa citraconic anhidrat memiliki kelimpahan yang paling banyak di dalam ekstrak jeruk nipis, yaitu dengan total kelimpahan sebesar 77%. Hal ini disebabkan karena, citraconic anhidrat merupakan produk akhir pada reaksi kondensasi asam sitrat dan turunannya. Baik itu asam sitrat, itaconic anhidrat atau itaconic acid jika mengalami kondensasi akan menghasilkan produk berupa citraconic anhidrat. (Rahmawati dkk., 2023).

II.6 XRF (*X-Ray Fluorescence*)

XRF adalah alat uji yang digunakan untuk analisis unsur yang terkandung dalam bahan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif memberikan informasi jenis unsur yang terkandung dalam bahan yang dianalisis, yang ditunjukkan oleh adanya spektrum unsur pada energi sinar-x karakteristiknya. Sedangkan analisis kuantitatif memberikan informasi jumlah unsur yang terkandung dalam bahan yang ditunjukkan oleh ketinggian puncak spectrum. (Siregar, 2017).

Prinsip kerja alat XRF adalah sinar-x fluoresensi yang dipancarkan oleh sampel dihasilkan dari penyinaran sampel dengan sinar-x primer dari tabung sinar-x (*X-Ray Tube*), yang dibangkitkan dengan energi listrik dari sumber tegangan sebesar 1200 volt. Bila radiasi dari tabung sinar-x mengenai suatu bahan maka elektron dalam bahan tersebut akan tereksitasi ke tingkat energy yang lebih rendah, sambil memancarkan sinar-x karakteristik. Sinar-x karakteristik ini ditangkap oleh detektor diubah ke dalam sinyal tegangan (*voltage*), diperkuat oleh Preamp dan dimasukkan ke analyzer untuk diolah datanya. (Siregar, 2017).

II.7 Efektivitas Jeruk Nipis Terhadap % *Recovery*

Penggunaan asam inorganik dalam pelindian berakibat pada perlunya penanganan limbah asam inorganik yang dihasilkan. Untuk menghindari efek samping berbahaya yang disebabkan oleh penggunaan asam inorganik maka dikembangkan proses pelindian asam organik yang lebih ramah lingkungan. (Gustiana dkk., 2018).

Pengaruh konsentrasi asam asetat sebagai reagen pelindi merupakan parameter yang sangat berpengaruh. Pengaruh konsentrasi asam asetat yang optimal pada penelitian (Gustiana dkk., 2018) dicapai pada penggunaan konsentrasi asam asetat sebesar 25% dengan persentase sebesar 41%. Pelindian nikel pada penelitian tersebut menunjukkan kecenderungan bahwa dengan menurunnya konsentrasi makin meningkatkan jumlah nikel yang ter *recovery*. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh makin jenuhnya konsentrasi ion H^+ dan ion asetat dalam larutan yang akan menutupi permukaan Kristal sehingga desorpsi

produk dari permukaan padatan ke badan cairan terganggu dan menyebabkan penurunan jumlah ion Ni^{2+} yang dapat berpinda ke badan cairan.

Tabel 2. 2 Daftar Penelitian sebelumnya yang relevan

No	Nama peneliti	Tahun	Judul	Analisa Perbedaan dengan Penelitian Sekarang
1.	➤ Himmah Sekar Eka AG ➤ Made B ➤ Himawan Tri Bayu MP ➤ Fika RM ➤ Widi Astuti	2018	Pelindian nikel dari bijih limonit <i>low-grade</i> Pomalaa menggunakan pelarut asam asetat	Pada penelitian sebelumnya menggunakan asam asetat p.a sedangkan pada penelitian sekarang akan berfokus pada penggunaan perasan jeruk nipis sebagai pelarut
2.	➤ Li li ac ➤ Jennifer B. Dunn ➤ Xiao Xiao Zhang ➤ Linda Gaines ➤ Ren Jie Chen	2013	Pemulihan logam dari baterai lithium-ion bekas dengan asam organik sebagai reagen pelindian dan penilaian lingkungan	Pada penelitian sebelumnya dilakukan pemulihan logam dengan proses daur ulang dengan menggunakan asam sitrat Sedangkan pada penelitian sekarang, dilakukan pemulihan nikel dengan menggunakan asam organik alami
3.	W. Astuti	2015	Kinetika esktraksi nikel dai bijih saprolitik Indonesia dengan pencucian asam sitrat dibawah tekanan atmosfer	Pada penelitian sebelumnya digunakan asam organik berupa asam sitrat p.a sedangkan pada penelitian sekarang menggunakan pelarut dari pemanfaatan tanaman jeruk nipis

No	Nama peneliti	Tahun	Judul	Analisa Perbedaan dengan Penelitian Sekarang
4.	➤ Khairul Pahmi R ➤ Diah Miftahul Aini ➤ Winda Harniati	2023	Ekstrak jeruk nipis sebagai obat terapi penyembuhan penyakit gastritis dengan metode GC-MS	Pada penelitian sebelumnya digunakan ekstrak jeruk nipis sebagai obat terapi gastritis dengan melakukan pengujian dengan menggunakan GC-MS sedangkan pada penelitian ini dilakukan pengujian jeruk nipis dengan GC-MS kemudian dilakukan <i>leaching</i> dan dilakukan analisa dengan XRF
5.	➤ Kevin Cleary Wanta ➤ Himawan T.B.M Petrus ➤ Indra Perdana ➤ Widi Astuti	2017	Uji Validasi Model <i>Shrinking Core</i> terhadap pengaruh konsentrasi asam sitrat dalam proses <i>Leaching</i> nikel laterit	Pada penelitian sebelumnya digunakan variasi konsentrasi asam sitrat sedangkan pada penelitian sekarang digunakan variasi konsenstrasi perasan jeruk nipis

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Waktu dan lokasi Penelitian

1. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian yaitu pada bulan Maret 2024 sampai dengan Juni 2024

2. Tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Pengendalian Proses Politeknik ATI Makassar, Jln Sunu No. 220 Suangga, Kec. Tallo, Kota Makassar, Sulawesi Selatan.

III.2 Alat dan bahan

1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas kimia, pisau cutter, alat pemeras jeruk, spatula, gegep kayu, gegep besi, desikator, Erlenmeyer, corong kaca, batang pengaduk, gelas ukur, penyangga corong, pH meter, labu leher tiga, hot plate, refluks condenser, cawan petri, corong Buchner, Erlenmeyer vakum, pompa vakum, gelas kimia 200 ml, stirrer, oven, thermometer, neraca analitik, lumpang dan alu dan XRF.

2. Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah nikel laterit yang berasal dari pulau Seram, Seram Bagian Barat, Maluku, perasan jeruk nipis, aquadest, kertas saring, dan *aluminium foil*.

III.3 Pelaksanaan Penelitian

III.3.1 Pembuatan larutan untuk Uji Kualitatif (GC-MS)

Preparasi sampel untuk dilakukan uji GC-MS yaitu, jeruk nipis dipotong menjadi dua bagian kemudian diperas menggunakan alat pemeras jeruk kemudian disaring dan dimasukkan ke dalam gelas ukur hingga mencapai volume 30 ml

kemudian dimasukkan ke dalam masing-masing botol sampel. Untuk botol sampel 2 ditambahkan aquades sebanyak 15 ml.

III.3.2 Pembuatan larutan jeruk nipis konsentrasi 50%

Preparasi sampel untuk pelarut jeruk nipis dengan konsentrasi 50% yaitu jeruk nipis dipotong menjadi dua bagian kemudian diperas menggunakan alat pemeras jeruk kemudian disaring dan dimasukkan ke dalam gelas ukur hingga mencapai volume 25 ml kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 ml dan ditambahkan aquades sebanyak 25 ml dan diaduk hingga homogen kemudian ditutup dengan *aluminium foil*.

III.3.3 Pembuatan larutan asam sitrat konsentrasi 100%

Preparasi sampel untuk pelarut jeruk nipis dengan konsentrasi 100% yaitu jeruk nipis dipotong menjadi dua bagian kemudian diperas menggunakan alat pemeras jeruk kemudian disaring dan dimasukkan ke dalam gelas ukur hingga mencapai volume 50 ml kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 ml kemudian ditutup dengan *aluminium foil*.

III.3.4 Analisa derajat keasaman (pH)

Untuk uji analisa derajat keasaman (pH) dilakukan dengan pH meter, sebelum dilakukan pengujian terlebih dahulu dilakukan kalibrasi alat dengan larutan *buffer* kemudian setelah itu dilakukan pengujian pada tiap-tiap jeruk nipis yang telah disiapkan sebelumnya. Ditekan tombol on, lalu dimasukkan pH meter kedalam sampel kemudian ditekan tombol mode, ditunggu beberapa saat hingga angka pada layar alat muncul kemudian catat.

III.3.5 Leaching Nikel

Proses leaching nikel dilakukan dengan melakukan preparasi alat dan bahan sebelumnya, kemudian setelah itu dirangkai alat. Dimasukkan nikel 5 gram dan perasan jeruk nipis 50% ke dalam labu leher tiga kemudian ditutup dengan penutup karet yang dilapisi dengan *aluminium foil*. Dinaikkan suhu leaching

hingga mencapai 60°C ketika telah sampai pada suhu 60° C dihitung dan ditahan kondisi operasi tersebut selama 1 jam. Setelah dilakuakn proses *leaching*, sampel dituang ke dalam corong buncher yang telah dilapisi dengan kertas saring kemudian dilakukan pemisahan vakum. Residu di oven pada suhu 100°C selama ± 2 jam kemudian, sampel umpan dan residu leaching dianalisa menggunakan XRF dilanjutkan penghitungan %*recovery* leaching dan dilanjutkan dengan pengujian tambahan jeruk nipis 50 % dengan cara yang sama.

III.4 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian laboratorium / eksperimental di Laboratorium Penegendalian Proses Politeknik ATI Makassar. Sampel yang digunakan acuan dalam penelitian ini adalah asam sitrat dari perasan jeruk nipis dengan perlakuan menggunakan *aquadest* panas dan *aquadest* dingin. Metode ini dilakukan dengan cara mengekstrak ore menggunakan asam sitrat alami untuk mengurangi atau menghilangkan kadar logam di dalam ore, sehingga kandungan nikel di dalam ore lebih menonjol.

III.5 Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan data hasil analisis XRF dengan mengetahui kadar nikel sebelum dan setelah di *leaching* dan juga digunakan rumus menentukan persen *recovery* nikel untuk mengetahui nilai persen *recovery* nikel dan hubungan antara konsentrasi asam dengan persen *recovery* nikel, rumus tersebut sebagai berikut :

$$\% R = \frac{m_0 \cdot c_0 - m_i \cdot c_i}{m_0 \cdot c_0} \times 100\%$$

Dimana % R : *recovery* nikel (%)

m_0 : massa umpan (gram)

m_i : massa residu (gram)

c_0 : konsentrasi awal (%)

c_i : konsentrasi residu (%) (Prameswara dkk., 2021)

III.6 Variabel Penelitian

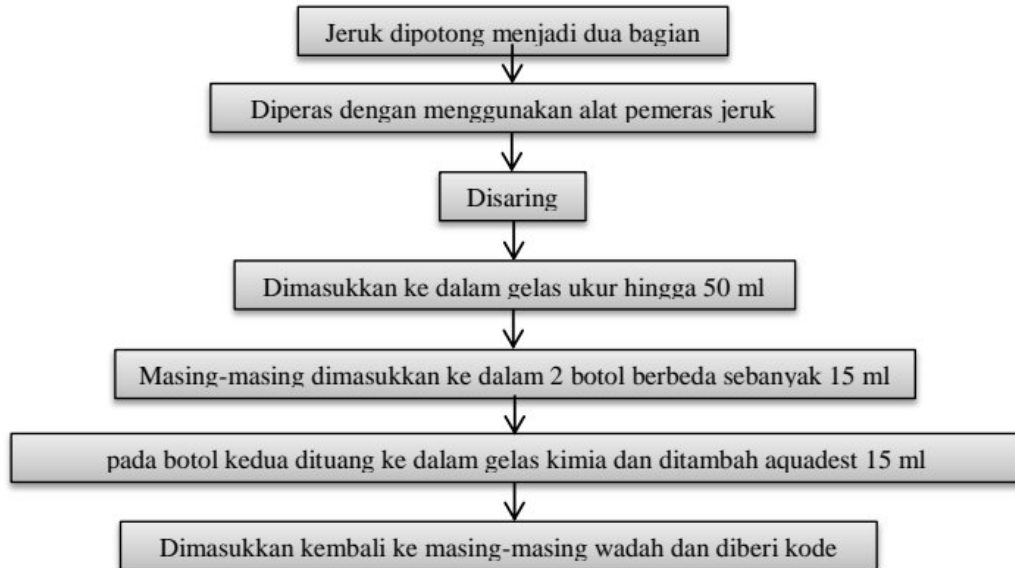
Variabel yang diteliti dapat diamati melalui variabel bebas dan variabel tetap yang telah ditentukan sebagai berikut:

1. Variabel tetap
 - 1) Pelindian nikel laterit dengan suhu (T) 60°C dengan kecepatan (v) konstan selama 60 menit
 - 2) Pengeringan residu selama $\pm$ 2 jam dengan suhu 100°C
 - 3) Ukuran partikel 200 mesh
2. Variabel Bebas

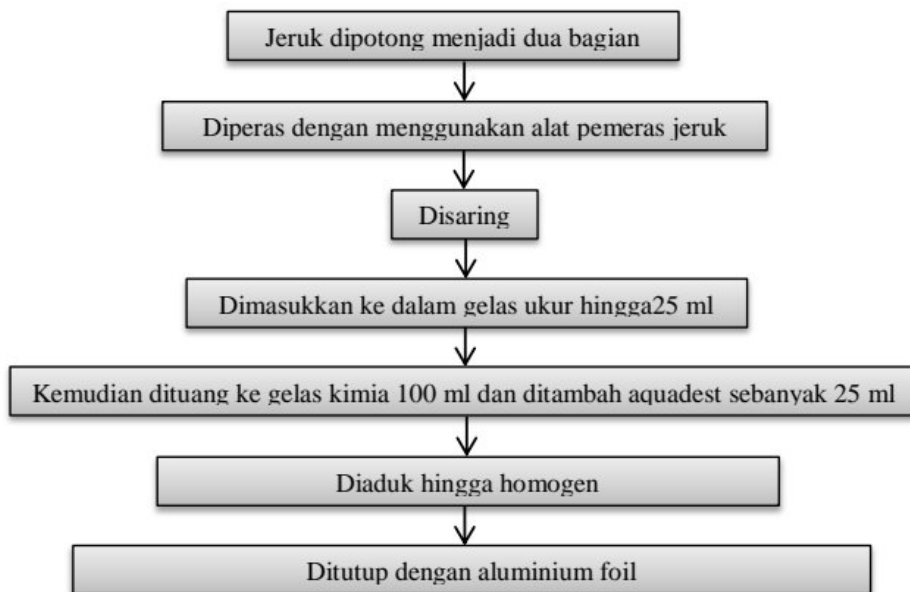
Jeruk nipis konsentrasi 100 % dan konsentrasi 50 %

III.7 Bagan Alur Penelitian

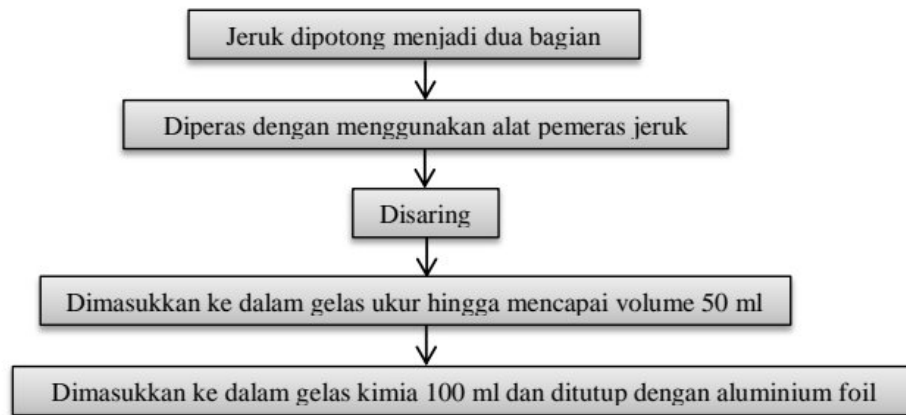
1. Pembuatan larutan untuk Uji Kualitatif (GC-MS)



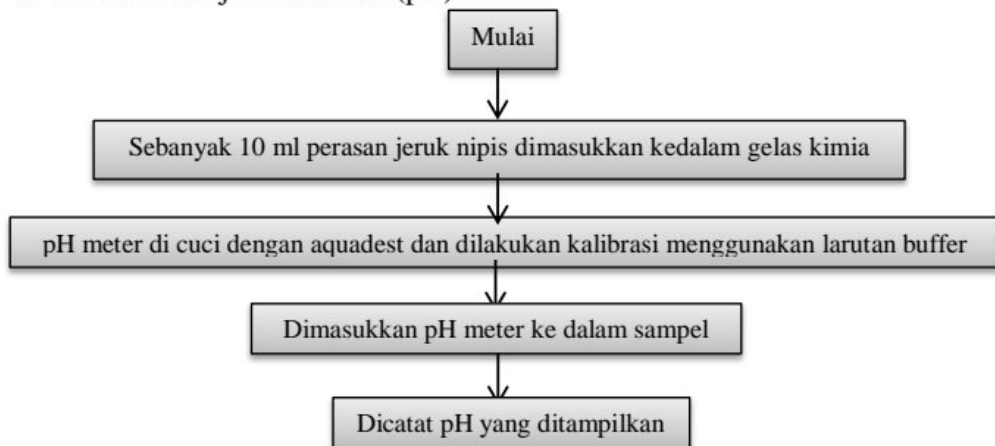
2. Pembuatan larutan asam sitrat konsentrasi 50%



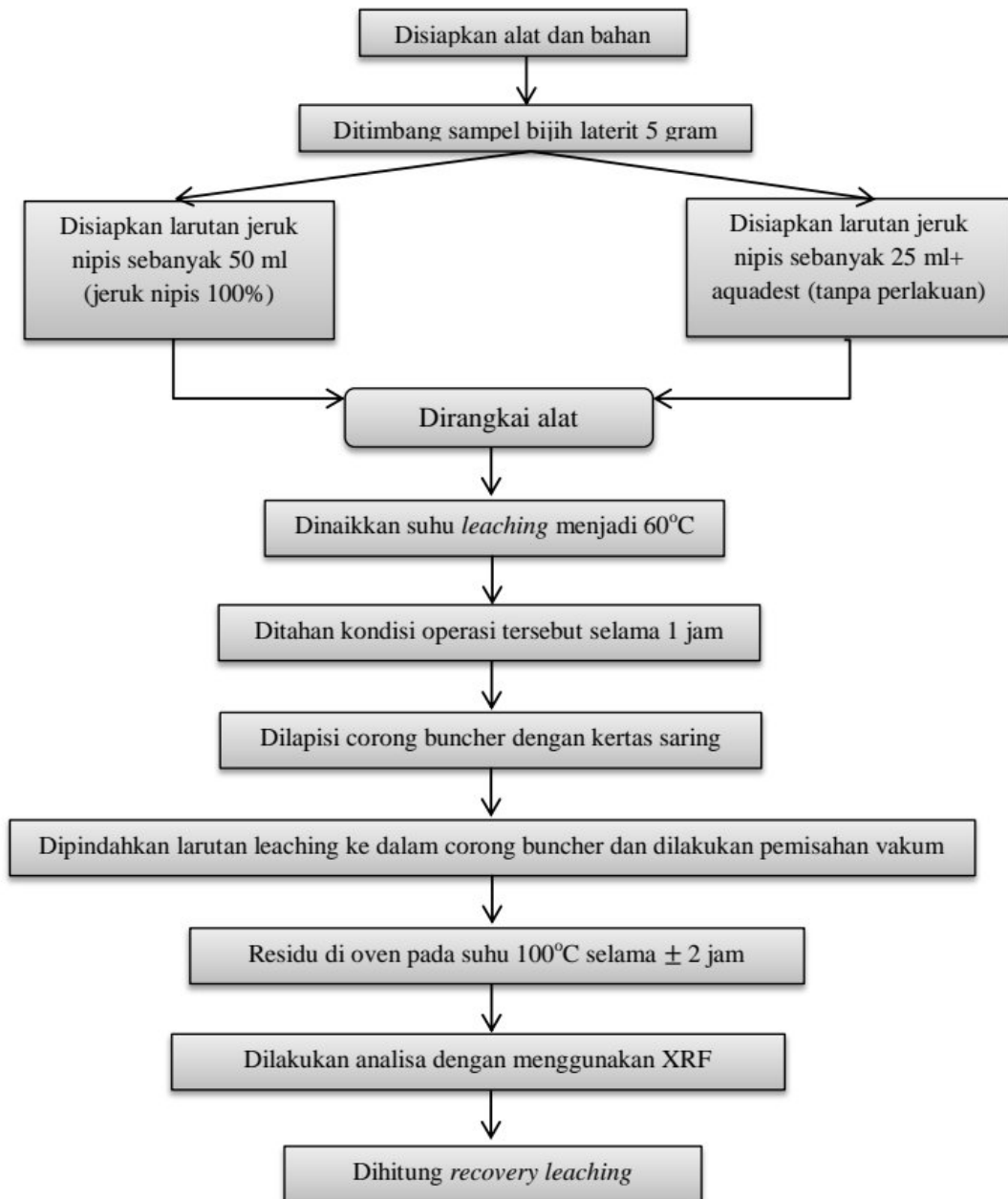
3. Pembuatan larutan asam sitrat konsentrasi 100%



4. Analisa derajat keasaman (pH)



5. *Leaching* Nikel



BAB IV

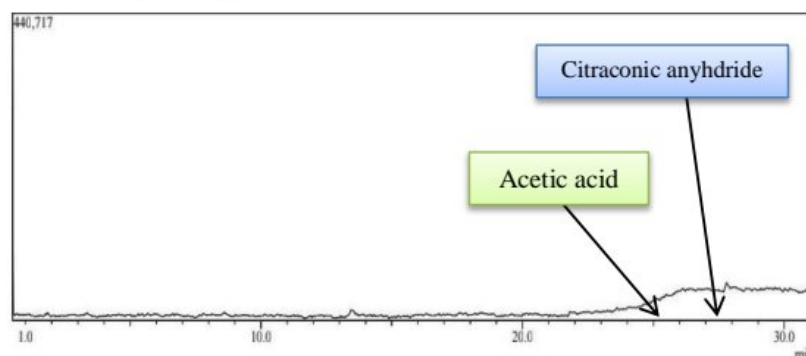
HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil

Pengidentifikasian senyawa dalam jeruk nipis dilakukan dengan menggunakan instrumen GC-MS (Gas Cromatografi- Massa Spektrofotometri). GCMS sendiri merupakan metode pemisahan suatu senyawa berdasarkan volatilitas unsur-unsur pembentuk senyawa yang dirangkaikan dengan detektor yang mengidentifikasi jenis komponen berdasarkan massanya. Metode ini digunakan untuk menganalisa berbagai macam komponen penyusun suatu senyawa yang berbentuk gas dan stabil dalam suhu yang cukup tinggi yang kemudian diidentifikasi berdasarkan massa molekulnya. (Rahmawati dkk., 2023).

1. Dari hasil data GC-MS diperoleh data sebagai berikut :

- 1) Jeruk nipis dengan perasan 100%

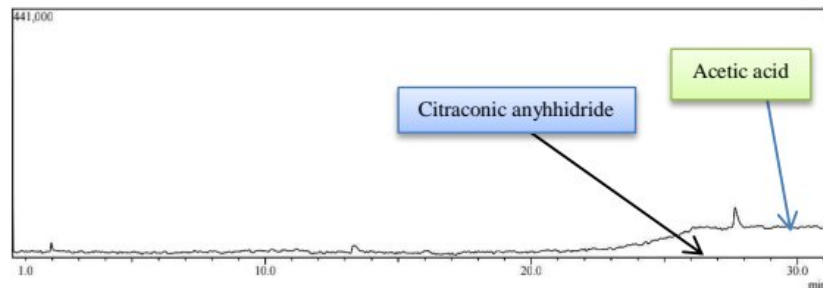


Gambar 4. 1 Data senyawa jeruk nipis 100% menggunakan GC-MS

Peak #	R.Time	I.Time	F.Time	Area%	Name
142	25,767	25,800	25,800	2,68	Acetic acid
152	27,798	27,683	27,950	3,62	2,5 Furandione, 3 methyl- (CAS) citraconic anyhidride

Dari hasil analisa GCMS yang telah dilakukan dengan penggunaan jeruk nipis dengan perasan 100% diperoleh konsentrasi asam asetat sebesar 2,68 % dan diperoleh turunan asam sitrat yaitu citraconic anyhidride sebesar 3,62 %.

2) Jeruk nipis dengan perasan 50%



Gambar 4. 2 Data senyawa jeruk nipis 50% menggunakan GC-MS

Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area%	Name
149	27,752	27,650	27,917	2,16	2,5 Furandione,dhydro 3 methyl- (CAS) citraconic anyhidride
159	30,070	29,917	30,150	1,04	Acetic acid

Dari hasil analisa GCMS yang telah dilakukan dengan penggunaan jeruk nipisdengan perasan 50% diperoleh konsentrasi asam asetat sebesar 1,04% dan diperoleh turunan asam sitrat yaitu citraconic anyhidride sebesar 2,16 %.

2. Dari hasil analisis dengan menggunakan alat XRF diperoleh data sebagai berikut :

Sampel awal Ni yaitu =6,86%

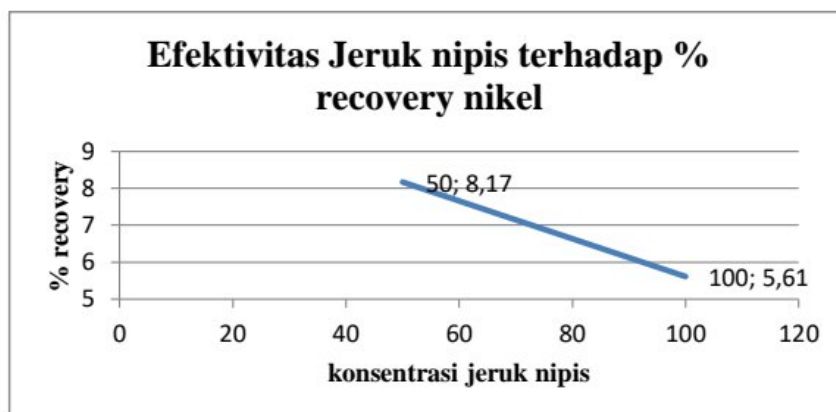
Tabel 4. 1 Kadar Ni hasil XRF

Kode sampel	Uji PH	Ni %	% Recovery
Jeruk nipis 50%	1,85	5,84	8,17
Jeruk nipis 100	1,89	5,32	6,95
%			

(Sumber : Data Primer Penelitian, 2024)

Dalam penelitian ini dilakukan proses ekstraksi dengan menggunakan larutan dari perasan jeruk nipis. Sampel yang digunakan yaitu nikel laterit pulau Seram, Maluku. Metode yang dilakukan pertama yaitu dengan menggunakan variasi konsentrasi 50% dan 100% dengan lama waktu proses ekstraksi yaitu ± 2 jam dengan suhu pelindian 60°C dengan kecepatan konstan selama 60 menit.

3. Grafik efektivitas jeruk nipis dalam proses leaching nikel laterit asal pulau seram, Maluku



Gambar 4. 3 Efektivitas Jeruk nipis terhadap % *recovery* nikel

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Gambar 4.3 diatas, hasil analisa XRF dapat dilihat bahwa kadar nikel (Ni) di dalam sampel yang sudah diekstraksi dengan larutan perasan jeruk nipis didapatkan nilai untuk konsentrasi 50% yaitu 8,17 % *recovery* sedangkan untuk konsentrasi 100% diperoleh 6,96% *recovery*.

IV.2 Pembahasan

Dalam data GC-MS (Gambar 4.1 dan 4.2) senyawa yang terekam di dalam ekstrak jeruk nipis yaitu : 2,5-Furandione,3-methyl-(CAS) Citraconic anhydride (Citraconic anhidrat), Acetic acid, chlorodifloro (CAS). Citraconic anhidrat, itaconic anhidrat dan itaconic acid merupakan senyawa turunan dari asam sitrat. Proses destilasi telah merubah asam sitrat melalui reaksi dekarboksilasi dan dehidrasi menghasilkan senyawa itaconic anhidrat, citraconic anhidrat dan itaconic acid (Wyrzykowski dkk., 2011).

Komposisi senyawa citraconic anhidrat memiliki kelimpahan yang paling banyak di dalam ekstrak jeruk nipis, yaitu dengan total kelimpahan sebesar 77%. Hal ini disebabkan karena, citraconic anhidrat merupakan produk akhir pada reaksi kondensasi asam sitrat dan turunannya. Baik itu asam sitrat, itaconic anhidrat atau itaconic acid jika mengalami kondensasi akan menghasilkan produk berupa citraconic anhidrat (Rahmawati dkk., 2023).

Residu hasil leaching nikel kemudian di analisa dengan menggunakan XRF untuk mengetahui kandungan persen *recovery* nikel setelah di ekstraksi. Residu yang dihasilkan beberapa jenis logam di antaranya Si (silika), S (sulfur), Ca (kalsium), Cr (kromium), Mn (mangan), Fe (besi), Ni (nikel), Zn (zinc). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan hasil analisa XRF dapat dilihat bahwa kadar nikel (Ni) di dalam ampel yang sudah diekstraksi dengan jeruk nipis 50% didapatkan nilai yaitu 5,323% dengan *recovery* sebesar 8,17 % sedangkan dengan tambahan jeruk nipis sebesar 100% didapatkan nilai yaitu 5,842% dengan *recovery* sebesar 5,61 %. Dapat dilihat pada gambar 4.3.

Tujuan utama dari proses leaching adalah terlarutnya zat dari suatu sampel padat menuju ke pelarut cair. Perpindahan zat terlarut dari sampel ke pelarut ini menandakan adanya fenomena perpindahan yang terjadi, khususnya perpindahan massa. Proses ekstraksi padat cair, dapat digambarkan dalam beberapa tahapan berikut. Pelarut berdifusi dari fasa curah ke permukaan padatan (difusi eksternal). Pelarut berdifusi dari permukaan padatan menuju pori-pori padatan (difusi internal). Solut terlarut masuk dalam pelarut dan berdifusi dari dalam pori-pori padatan menuju permukaan padatan. Solut berdifusi dari permukaan padatan menuju fasa bulk pelarut. (Prasetyo & Yosephine, 2012).

Laju perpindahan massa untuk proses leaching menjadi faktor yang penting dalam ekstraksi. Partikel solid yang akan dijadikan sampel umumnya dipreparasi dengan cara dihaluskan untuk meningkatkan kontak yang terjadi antara sampel dan pelarut. Perpindahan massa akan lebih cepat untuk mencapai kesetimbangan jika semakin banyak kontak yang terjadi (R. E. Treybal, 1980).

Menurut (Wibisono, 2017) Semakin halus bijih maka luas permukaannya semakin besar sehingga reaksi *leaching* akan terjadi lebih cepat untuk berat total yang sama. Semakin kecil ukuran partikel, maka semakin luas pula luas permukaan partikel yang dapat melakukan kontak dengan pelarut, sehingga memungkinkan proses difusi terjadi lebih cepat dan semakin banyak nikel yang terekstraksi. Hal tersebut juga dilakukan dalam penelitian (Gustiana dkk., 2018) yang menggunakan ukuran bijih nikel yang sama, maka dalam penelitian ini digunakan ukuran partikel 200 mesh. Dan berdasar pada penelitian sebelumnya

yang dilakukan (Astuti dkk., 2015) dengan menggunakan kecepatan *magnetic stirrer* 200 rpm.

Menurut (Gustiana dkk., 2018) pengaruh konsentrasi asam yang digunakan menunjukkan bahwa dengan menurunnya konsentrasi makin meningkatkan jumlah nikel yang terambil. Penurunan *recovery* pada pH yang lebih rendah juga terjadi pada penelitian (Li dkk., 2013). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh makin jenuhnya ion H^+ dan ion asetat dalam larutan yang akan menutupi permukaan kristal sehingga desorpsi produk dari permukaan padatan ke badan cairan terganggu dan menyebabkan penurunan jumlah ion Ni^{2+} yang dapat berpindah ke badan cairan. Pada penelitian yang dilakukan (Li dkk., 2013) dan (Wanta dkk., 2017) juga diperoleh hasil yang sama walaupun dengan menggunakan pelarut asam sitrat, dimana dengan peningkatan penggunaan konsentrasi asam sitrat efisiensi pelindian yang diperoleh juga menurun.

Hal ini kemungkinan terjadi dikarenakan tidak melakukan pengestrakan untuk asam organik yang digunakan. Dan juga kemungkinan disebabkan karena pelarutan geotit yang tidak sempurna sebagai penyebar Ni. Kemungkinan lainnya dapat disebabkan karena adanya pembentukan silika amorf (SiO_2) selama proses pelindian.

Berdasarkan hasil penelitian ini dengan mempertimbangkan konsumsi energi yang lebih rendah, konsumsi bahan kimia yang lebih rendah dan efisiensi pelindian yang relatif lebih baik, maka dapat dinyatakan bahwa hipotesis penelitian dapat diterima, karena terdapat nilai *%recovery* pada nikel dengan menggunakan jeruk nipis sebagai pelarut alami menggantikan pelarut anorganik. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui parameter pendukung lainnya seperti variasi suhu, kecepatan pengadukan, konsentrasi jeruk nipis yang lebih bervariasi, ukuran partikel, dan waktu *leaching* agar dapat mengetahui titik optimum dalam penggunaan jeruk nipis sebagai pelarut organik alami.

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu :

1. Pelarut alami dari jeruk nipis 50% dan 100% berturut-turut yaitu 1,89 dan 1,85 dengan %recovery yang diperoleh yaitu 8,17% dan 6,95%.
2. Variasi perbandingan penambahan jeruk nipis 50% dan 100%. Penambahan semakin tinggi konsentrasi perasan jeruk nipis menyebabkan penurunan %recovery nikel. Pengaruh konsentrasi jeruk nipis pada proses *leaching* berbanding terbalik, dimana semakin kecil konsentrasi maka semakin tinggi %recovery dalam nikel yang dihasilkan.
3. Penggunaan pelarut organik khususnya pemanfaatan jeruk nipis sebagai pelarut dapat dipertimbangkan untuk studi lebih lanjut.

V.2 Saran

Adapun saran yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya menambahkan variasi penambahan konsentrasi jeruk nipis agar diperoleh variasi optimum dari penambahan jeruk nipis.
2. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya melakukan variasi suhu *leaching* agar diperoleh variasi optimum suhu *leaching* nikel dengan penambahan jeruk nipis.
3. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya dilakukan penambahan waktu *leaching* dengan menggunakan jeruk nipis sebagai pelarut organik alami.
4. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya dilakukan ekstraksi pemisahan senyawa terlebih dahulu agar diperoleh hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Aal, E. A., & Rashad, M. M. (2004). Kinetic study on the leaching of spent nickel oxide catalyst with sulfuric acid. *Hydrometallurgy*, 74(3–4), 189–194. <https://doi.org/10.1016/J.HYDROMET.2004.03.005>
- Arinaldo, P. (2016). *Pelindian Bijih Laterit dengan Asam Klorida*. 1–73.
- Astuti, W., Hirajima, T., Sasaki, K., & Okibe, N. (2015). Kinetics of nickel extraction from Indonesian saprolitic ore by citric acid leaching under atmospheric pressure. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 32(3), 176–185. <https://doi.org/10.1007/BF03402286>
- Gustiana, H. S. E. A., Bendiyasa, I. M., Petrus, H. T. B. M., Mufakhir, F. R., & Astuti, W. (2018). Pelindian Nikel dari Bijih Limonit Low-Grade Pomalaa Menggunakan Pelarut Asam Asetat. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, April*, A81–A86.
- Hidayat, T. (2019). Sosiologi Pengelolaan Sumberdaya Mineral di Indonesia. *Jurnal Kelitbangan*, 7(3), 275–286.
- Isjudarto, A. (2013). PEMBENTUKAN NIKEL LATERIT A . Isjudarto Program Studi Teknik Pertambangan STTNAS Jalan Babarsari Caturtunggal , Depok , Sleman email : isjudarto0911@gmail.com. *SEMINAR NASIONAL Ke 8 Tahun 2013: Rekayasa Teknolgi Industri Dan Informasi*, 10–14.
- Kyle, J. H. (2015). *to next ? In : ALTA 2010 Nickel / Cobalt / Copper Conference , 24 - 27 May , Perth , Western Australia . May 2010.*
- L E Hetherington, T J Brown, A J Benham, P A J Lusty, N. E. I. T. support: A. C. M. (2007). World Mineral Production. In *British Geological Survey*.
- Li, L., Dunn, J. B., Zhang, X. X., Gaines, L., Chen, R. J., Wu, F., & Amine, K. (2013). Recovery of metals from spent lithium-ion batteries with organic acids as leaching reagents and environmental assessment. *Journal of Power Sources*, 233, 180–189. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2012.12.089>
- MacCarthy, J., Nosrati, A., Skinner, W., & Addai-Mensah, J. (2016). Atmospheric acid leaching mechanisms and kinetics and rheological studies of a low grade

- saprolitic nickel laterite ore. *Hydrometallurgy*, 160, 26–37.
<https://doi.org/10.1016/J.HYDROMET.2015.11.004>
- Nurfaidah, A. Y., Lestari, D. P., Azzahra, R. T., & Suminar, D. R. (2020). Pengaruh Suhu dan Konsentrasi terhadap Proses Pemisahan Nikel dari Logam Pengotor Menggunakan Metode Leaching. *Fluida*, 13(2), 81–92.
<https://doi.org/10.35313/fluida.v13i2.2388>
- Prameswara, G., Trisnawati, I., Mulyono, P., Prasetya, A., & Petrus, H. T. B. M. (2021). Leaching Behaviour and Kinetic of Light and Heavy Rare Earth Elements (REE) from Zircon Tailings in Indonesia. *JOM*, 73(4), 988–998.
<https://doi.org/10.1007/s11837-021-04584-3>
- Prasetyo, S., & Yosephine, F. (2012). Model Perpindahan Massa Pada Ekstraksi Saponin Dengan Pengontakan Secara Dispersi Menggunakan Analisis Dimensi Dimensional Analysis for Mass Transfer Model for Saponin From Tea. *Reaktor Chemical Engineering Journal*, 14(2), 87–94.
- R. E. Treybal. (1980). On the Influence of Particles Characteristics on Moisture Diffusivity during Drying of Granular Porous Media. *Mass Transfer Operations*, 4(1).
- Rahmawati, K. P., Aini, D. M., & Harnianti, W. (2023). Ekstrak Jeruk Nipis Sebagai Obat Terapi Penyembuhan Penyakit Gastritis dengan metode GC-MS. *Journal of Pharmaceutical and Health Research*, 4(1), 152–158.
<https://doi.org/10.47065/jharma.v4i1.3253>
- Siregar, N. K. (2017). *Ekstraksi Nikel Laterit Soroako Menggunakan Asam Sulfat*. 1–58.
- Tom Bride, L. H. dan G. gunn dan T. S. A. minks. (2008). *Definition, mineralogy and deposits. September*.
- Wanta, K. C., Petrus, H. T., Perdana, I., & Astuti, W. (2017). Uji Validitas Model Shrinking Core terhadap Pengaruh Konsentrasi Asam Sitrat dalam Proses Leaching Nikel Laterit. *Jurnal Rekayasa Proses*, 11(1), 30.
<https://doi.org/10.22146/jrekpros.23321>
- Wibisono, D. K. (2017). *EKSTRAKSI Ni, Fe, Co DAN Mn DARI BIJIH LATERIT MELALUI PELINDIAN MENGGUNAKAN ASAM NITRAT*.

Wyrzykowski, D., Hebanowska, E., Nowak-Wicz, G., Makowski, M., & Chmurzyński, L. (2011). Thermal behaviour of citric acid and isomeric aconitic acids. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 104(2), 731–735. <https://doi.org/10.1007/s10973-010-1015-2>

LAMPIRAN

Lampiran 1. 1

1. Pembuatan larutan dari perasan jeruk nipis



2. Analisa parameter jeruk nipis (Derajat keasaman (pH))



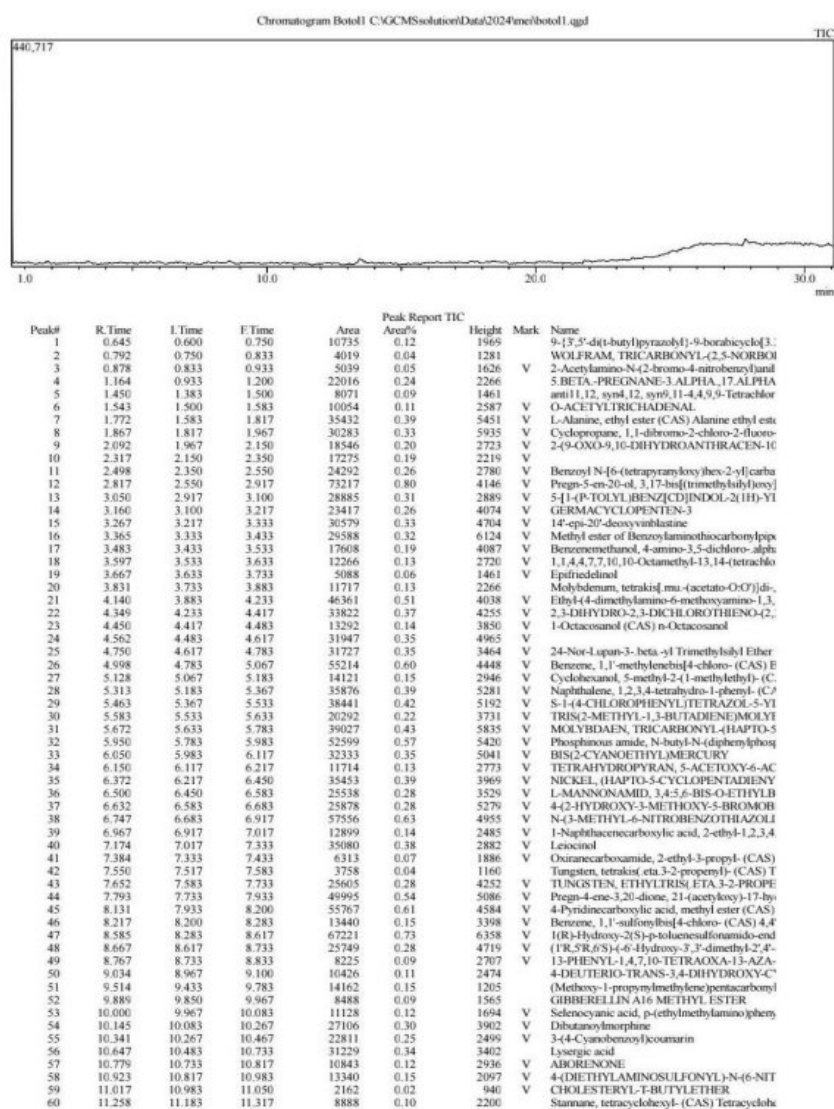
3. Leaching nikel





Lampiran 1. 2 uji kualitatif jeruk nipis dengan GCMS

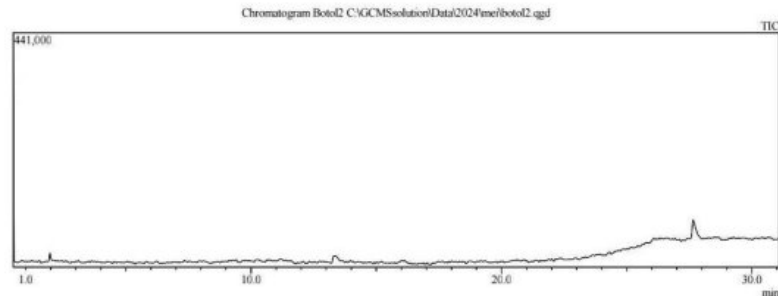
1. Jeruk nipis 100%



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Mark	Name
61	11.366	11.333	11.433	6083	0.07	1851		Estra-1,4-diene-3,17-dione, 10-fluoro- (CAS)
62	11.850	11.750	11.883	10501	0.11	2261		2,4-BIS(ETHYLAMINO)-6-ETHYLMERCA
63	11.916	11.883	11.950	6807	0.07	2815	V	BIS(HAPTO-5-TERT-BUTYL)CYCLOPENT
64	12.006	11.950	12.050	11381	0.12	2520	V	CHROM, TRICARBONYL-HAPTO-6-(12-M
65	12.133	12.050	12.217	28604	0.31	3208	V	Benzene, 1-bromo-3-(2,2-diphenylethyl)- (C
66	12.262	12.217	12.300	18208	0.20	4108	V	METHYL 2DL-10DODOCOSANOATE
67	12.350	12.300	12.417	20493	0.22	3970	V	2(1H)-Pyridione, 3,5,6-trichloro- (CAS) 3,5,6
68	12.467	12.417	12.750	53155	0.58	3442	V	Oxychlordan
69	13.049	13.000	13.100	8010	0.09	2809		2,2'-bitricyclo[7.4.1.1(3,8)]pentadeca-3,5,7,9,1
70	13.283	13.100	13.350	26680	0.29	3045	V	5-Bromo-2,6-dimethyl-1-butyl-N-(2,6-diethyl-
71	13.446	13.350	13.617	137117	1.49	11364	V	2-Propanone (CAS) Acetone
72	13.652	13.617	13.717	30554	0.33	6713	V	dodecylchlorophenyl-didodecylhydrophenyl-su
73	13.901	13.717	14.017	74340	0.81	5622	V	2,5-CYCLOHEXADIENE-1,4-DIONE, 2,3,5,
74	14.083	14.017	14.133	24124	0.26	4083	V	(1RS,2SR)-Methyl- 2,7,7-Trimethyl-3-oxobicy
75	14.187	14.133	14.250	27164	0.30	5287	V	Bicyclo[3.1.0]hexane-6,6-dicarboxylic acid
76	14.308	14.250	14.367	25554	0.28	4874	V	Tungsten, tetrakis, eta-3-2-propenyl)- (CAS) T
77	14.598	14.367	14.683	64751	0.71	4908	V	gamma-Chlordane
78	14.813	14.683	14.883	31430	0.34	3505	V	3,5-DICHLORO-2,6-BIS(P-CHLOROPHENY
79	15.000	14.917	15.067	9540	0.10	1546		METHYL 5-NORBORNEN-2-YL KETONE
80	15.113	15.067	15.167	8751	0.10	2293	V	8B,13,8A,14-DIEPOXY-14,15-BISNORLAB
81	15.247	15.167	15.317	19057	0.21	3046	V	2H-Phenanthro[8a,9-b]oxirine, 3-ethenylde
82	15.448	15.317	15.483	20045	0.22	3213	V	N-METHYL-O-BROMOANILINE
83	15.617	15.483	15.717	25303	0.28	3167	V	SILANE, BROMOMETHYLTRIPROPYL-
84	15.850	15.717	15.883	30749	0.34	3910	V	5-(Morpholino)pent-2-en-4-ynal
85	15.972	15.883	16.183	76309	0.83	4988	V	12,19-Di-O-acetylflangon E
86	16.342	16.183	16.383	56741	0.62	5936	V	
87	16.417	16.383	16.467	20247	0.22	4623	V	Cysterone
88	16.617	16.467	16.700	43932	0.48	3464	V	Pentaborane(9), bromo- (CAS) BROMOPENI
89	16.733	16.700	16.767	17570	0.19	4702	V	
90	16.813	16.767	16.883	30186	0.33	5825	V	Androst-5-ene, 3,16,17-tris(trimethylsilyloxy
91	16.954	16.883	17.050	41347	0.45	4966	V	Phthalic anhydride, 4-benzoylo- (CAS)
92	17.117	17.050	17.317	66938	0.73	5040	V	5-Hydroxyschizandrin
93	17.436	17.317	17.467	27507	0.30	3875	V	11-METHOXYVINYLAMINE
94	17.603	17.467	17.717	82567	0.90	6705	V	24-XL-ETHYLCHOLEST-5-EN-3 BETA-OH
95	17.827	17.717	17.900	54466	0.59	6202	V	Androst-4-en-3-one, 17-hydroxy-, (17beta)- (
96	18.184	17.900	18.233	83146	0.91	5922	V	1,3,5-Triazine, 2-(pentylthio)-4,6-bis(trichloro
97	18.481	18.233	18.517	96161	1.05	6815	V	Benzo[acridine, 7,9,11-triethyl]- (CAS) 7,9,11
98	18.667	18.517	18.700	52613	0.57	4687	V	10H-Phenothiazine-10-propanamine, N,N-dim
99	18.879	18.700	19.033	70349	0.77	5324	V	2-Dichloromethylene-3-(exo)-deuteronorborn
100	19.086	19.033	19.150	10263	0.11	2350	V	Speciofoline
101	19.196	19.150	19.233	8872	0.10	2731	V	MOLYBDENUM, (ACETATO-O,O')TRIS, E'
102	19.309	19.233	19.350	14843	0.16	3012	V	TUNGSTEN, (1,3-BUTADIENE)PENTACAB
103	19.584	19.350	19.683	60808	0.66	4599	V	2,6-Diphenyl-2,3,4,5-tetrahydro-3-pyridazin
104	19.717	19.683	19.767	12486	0.14	2921	V	1,4-Eicosanediol (CAS)
105	19.853	19.767	19.900	16901	0.18	2726	V	CHROM, TRICARBONYL-[1-(4-TERT-BUT
106	19.933	19.900	19.967	6461	0.07	2196	V	o-Mentha-1(7),8-dien-3-ol (CAS) CIS-ISOPR
107	20.020	19.967	20.067	21967	0.24	4579	V	3,3',4',5',5'',7,8-Heptamethoxyflavone
108	20.151	20.067	20.383	81949	0.89	5157	V	Heptachloronorbornene
109	20.446	20.383	20.500	31192	0.34	5217	V	(4-ISOPROPYLIDENE-BICYCLO[3.2.0]HE
110	20.683	20.500	20.717	44965	0.49	2732	V	ACETAMIDE, 2,2'-[OXYBIS(2,1-ETHANEE
111	20.902	20.717	21.017	42217	0.46	3534	V	Cholest-7-en-3-ol, 2,2-dimethyl-, (3 beta, 5 alp
112	21.070	21.017	21.133	13897	0.15	3073	V	Propane, 1,1'-sulfonylbis[2-methyl]- (CAS) Iso
113	21.208	21.133	21.300	17534	0.19	2380	V	2,2,4,4-TETRAMETHYL-5 ALPHA-CHOLE
114	21.331	21.300	21.367	3337	0.04	1624	V	Aspidofractinn-3-ol, 17-methoxy-, (2 alpha, 5,
115	21.500	21.367	21.533	10700	0.12	1938	V	(12R,13R,15S)-12-O-Desacetylcoleon N
116	21.800	21.533	21.900	49531	0.54	5433	V	2-Furanmethanol (CAS) Furfuryl alcohol
117	21.952	21.900	22.033	33268	0.36	4907	V	Tetracurim F
118	22.050	22.033	22.100	7370	0.08	2975	V	4,5-Tetramethylenetetrahydro-1,3-oxazine-2-ol
119	22.200	22.100	22.250	22784	0.25	3117	V	Cyclohexanecarboxylic acid, 2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7
120	22.365	22.250	22.400	31610	0.34	3839	V	Ilydrazine, (2-methyl-1-propenyl)- (CAS) Iso
121	22.514	22.400	22.583	35039	0.38	4185	V	Lup-20(25)-ene-3,21,28-triol, 28-acetate, (3 be
122	22.617	22.583	22.650	5775	0.06	1884	V	2,6R-DIETHYL-3,5S-DIMETHYL-3,4-DIHY
123	22.750	22.650	22.783	17169	0.19	2753	V	Methyl 5-Methyl-3-bromo-4-oxo-2-hexenoate
124	22.823	22.783	22.883	18458	0.20	3412	V	Vitamin D3 dimethylphosphate
125	22.983	22.883	23.017	15772	0.17	2199	V	Propanoic acid, 2-methyl-, 3-phenyl-2-propenyl
126	23.110	23.017	23.183	21282	0.23	3140	V	Ethanol, 2-butoxy- (CAS) 2-Butoxyethanol
127	23.252	23.183	23.333	20060	0.22	3634	V	(E)-2-ethyldiene-3-oxo-GA9-16.alpha.17-epox
128	23.383	23.333	23.417	6482	0.07	1827	V	TERT-BUTYLDIMETHYLSILOXY-6-HEXA
129	23.603	23.417	23.683	49361	0.54	5827	V	delta-norundulactone
130	23.783	23.683	23.833	27145	0.30	3801	V	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 3,3-dimethyl-, exo-
131	23.881	23.833	23.933	16672	0.18	3657	V	Octadecanal (CAS) Stearaldehyde
132	24.118	23.933	24.167	58740	0.64	5008	V	9-Oxabicyclo[3.3.1]nonan-2-one (CAS) 2-Oxa
133	24.467	24.167	24.567	96439	1.05	4580	V	Aroclor 1016 (CAS) 1,1'-Biphenyl, tetrachloro
134	24.618	24.567	24.650	32079	0.35	7114	V	1,3-BENZODIOXOL-2-AMINE, HEXAHYD
135	24.700	24.650	24.783	56701	0.62	7332	V	Thiophene, 2-tert-butoxy- (CAS) 2-(1,1-DIME
136	24.850	24.783	24.917	68496	0.75	9327	V	(2R,3R)-4-[2-(4-butyl-4'-oxo-4H-1',3'-dioxan-6
137	24.950	24.917	24.983	39320	0.43	10277	V	Oxetane, 2-propyl- (CAS) 2-N-PROPYL-OXI
138	25.112	24.983	25.150	125268	1.36	13805	V	3-Butene-1,2-diol, 1-(2-furyl)-2,3-dimethyl- (C
139	25.200	25.150	25.233	58182	0.63	12209	V	METHYL-7,8-DIDEUTERO-7-NONENOATE
140	25.317	25.233	25.417	146424	1.60	13976	V	3-Undecene, 7-methyl-, (Z)- (CAS)
141	25.498	25.417	25.550	132431	1.44	17799	V	2 OCTENAL
142	25.767	25.550	25.800	246061	2.68	17921	V	Acetic acid, chlorodifluoro- (CAS) Chlorodiflu
143	25.867	25.800	25.933	158578	1.73	20415	V	Oxiranecarboxylic acid, 3-pentyl-, methyl est
144	25.978	25.933	26.017	105790	1.15	21640	V	BUTYL ESTER OF 2,4,6,8-TETRAMETHYL
145	26.126	26.017	26.217	266036	2.90	23904	V	Propanal, 2-methyl-, 2-propenylhydrazine (C/
146	26.278	26.217	26.333	151728	1.65	22586	V	4-HYDROXY-4-METHYL-HEN-5-ENOIC A

Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Mark	Name
147	26.379	26.333	26.583	321255	3.50	22815	V	Heptadecane, 2,6,10,14-tetramethyl- (CAS) 2,
148	27.082	26.583	27.133	657359	7.16	20331	V	1H-Azoline, octahydro- (CAS) Azacyclonon
149	27.167	27.133	27.250	126121	1.37	19129	V	cyclohexyl isobutyrate
150	27.500	27.250	27.550	298091	3.25	16938	V	Furan, 2,5-dihydro-2,5-dimethyl- (CAS)
151	27.635	27.550	27.683	115004	1.25	15171	V	Octacosane (CAS) n-Octacosane
152	27.798	27.683	27.950	332071	3.62	25867	V	2,5-Furandione, 3-methyl- (CAS) Citraconic a
153	28.094	27.950	28.150	221632	2.42	19001	V	N-HEXYL-CIS-HEXEN-2-OATE
154	28.167	28.150	28.250	98730	1.08	17860	V	3,4,6-trimethyl-4-hydroxy-5-heptenolactone
155	28.333	28.250	28.450	162060	1.77	14821	V	4-PENTEN-5-ALURE, 3-METHYL-2-PHENYL
156	28.590	28.450	28.767	253532	2.76	14508	V	Hexyl octanoate
157	28.847	28.767	28.883	155022	1.69	13108	V	trans-4,5-Epoxydecane
158	29.033	28.883	29.067	53702	0.59	11224	V	2-PENTADECYL-4,4,7,7-TETRADEUTERO
159	29.110	29.067	29.167	70132	0.76	12898	V	Cyclopentane-2-propanoic acid, alpha-methyl-2-
160	29.331	29.167	29.417	174791	1.90	12529	V	2-NITRO-3,5-XYLENEOL
161	29.484	29.417	29.583	108897	1.19	11974	V	[(1R,2r,3S,5s)-5-ethoxy-2-nitrocyclohexane-1,
162	29.640	29.583	29.683	65816	0.72	12134	V	3-Hepten-2-one (CAS) HEPT-3-ENE-2-ONE
163	29.717	29.683	29.750	38578	0.42	10100	V	Oxurane, (butoxymethyl)- (CAS) Eri 0810
164	29.816	29.750	29.883	74707	0.81	10642	V	4,8-Dimethyldecan-1-ol
165	29.917	29.883	29.967	31206	0.34	7159	V	2,4-Hexanedione (CAS) Propionylacetone
166	30.026	29.967	30.167	84020	0.92	9211	V	2-Heptenal, (E)- (CAS) trans-2-Heptenal
167	30.215	30.167	30.250	38144	0.42	8694	V	1-Propanone, 1-cyclopropyl-, o-methylloxime (
168	30.283	30.250	30.333	33703	0.37	7389	V	2,6,11-TRIDECA-TRIEN-10-OL, 2,6,10-TRI
169	30.383	30.333	30.450	37183	0.41	5997	V	Cyclopropanecarboxylic acid, 2-[2-[2-(2-pent
170	30.483	30.450	30.550	18313	0.20	4190	V	4-Heptanone, 3-methyl- (CAS) 3-Methyl-4-he
171	30.733	30.550	30.767	23097	0.25	2224	V	2-[4-(2-HYDROXY-4,4-DIMETHYL-6-OXC
172	30.817	30.767	30.850	15445	0.17	3400	V	2-Ethoxypyridine N-oxide
173	30.886	30.850	30.933	19543	0.21	5706	V	5-Norbornene (CAS) Butyl ketone
174	30.967	30.933	31.033	8127	0.09	2515	V	4-HYDROXY-4-ETHYLHEX-1-ENE
				9177157	100.00	1031992		

2. Jeruk nipis 50%



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Mark	Name
1	0.860	0.783	0.900	11323	0.12	2314		Phenol, pentachloro- (CAS) EP 30
2	1.000	0.900	1.050	6489	0.07	1385	V	Silane, trimethyl(pentachlorophenyl)- (CAS) P
3	1.250	1.050	1.483	23581	0.24	2364		Dissulfide, bis(3-nitrophenyl) (CAS) NP
4	1.550	1.483	1.600	12082	0.13	3823		Stigmasta-5,22-dien-3-ol, trifluoroacetate, (3E
5	1.801	1.733	1.833	7164	0.07	2157		Ethanol, 2-(methylamino)-
6	1.964	1.833	2.117	103115	1.08	17380	V	Carbon dioxide (CAS) Dry ice
7	2.283	2.117	2.367	42617	0.45	3131	V	1-(3-CHLOROALLYLOXY)-4-METHOXYB
8	2.422	2.367	2.483	20616	0.22	3639	V	HEXABORANE-12
9	2.500	2.483	2.533	5556	0.06	2425	V	2-PYRROLIDINONE, 5-[(3,3-DIMETHYL-5
10	2.611	2.533	2.733	20443	0.21	3310	V	3-(tert-butylcarbamoyl)-4,5-dimethylene-7-mit
11	2.833	2.800	2.950	13990	0.15	2025	V	Lip-20(29)-ene-3,21-dione, 28-hydroxy- (CA
12	2.999	2.950	3.033	12622	0.13	3263	V	Stannane, chlorodimethyl(trifluoroacetyl)oxy
13	3.106	3.033	3.150	22627	0.24	4021	V	2-[2-methoxy-4-bromophenyl]benzoic acid
14	3.183	3.150	3.267	7026	0.07	2152	V	gamma-Chlordane (comp. tech. Chlordane)
15	3.433	3.400	3.467	5030	0.05	1357	V	1,5-CYCLOOC-TADIENE-DIACETYLIMON
16	3.517	3.467	3.567	11703	0.12	2919	V	Nigalactone H
17	3.625	3.567	3.683	15099	0.16	2865	V	KOBALT, (1-PHENYL-CYCLOPENTENYL)-
18	3.767	3.683	3.817	11708	0.12	2032	V	WOLFRAM, TRIS(Pi-ALLYL)HAPTO-3-AC
19	3.871	3.817	3.917	5012	0.05	1363	V	Pyrimidine, 4,6-dichloro-2-methyl-5-nitro-
20	4.261	4.167	4.467	26087	0.27	2424	V	ent-3-alpha-acetoxy-2-alpha-ethyl-10 beta-3y
21	4.545	4.467	4.583	14875	0.16	3439	V	Acetic
22	4.732	4.583	4.800	27929	0.29	3901	V	THIOETHOPIPYLLINE
23	4.983	4.800	5.100	52011	0.54	3511	V	5-NITRO-2-METHYL-3(1H-IMIDAZO-4,5I
24	5.134	5.100	5.200	19465	0.20	4523	V	Molybdenum, tetraalkyl eta-3-2-propenyl-di- (C
25	5.250	5.200	5.300	14703	0.15	2983	V	TUNGSTEN, [(1,2,3,4,5-ETA)-1-METHYL-
26	5.333	5.300	5.383	5176	0.05	2060	V	1-[3,4,5-Trichloro-2-thienyl]-3-phenyl-2-pr
27	5.807	5.733	5.917	24849	0.26	3075	V	1-NITRO-PYRENE
28	6.241	5.917	6.367	52184	0.55	4614	V	3-CARBOMETHOXY-7,8-DIHYDROXY-6-(
29	6.417	6.367	6.467	2919	0.03	992	V	MOLYBDAEN, TRICARBONYL-(1-TRIME
30	6.651	6.467	6.683	19479	0.20	2669	V	Olean-12-en-28-ol, 3-oxo- (CAS) Oleanonic al
31	6.850	6.683	6.883	22593	0.24	2767	V	4,5,6,7-TETRACHLORO-1H-BENZOTRIAZ
32	6.929	6.883	7.083	28945	0.30	3205	V	4-[1-BUTYRAMIDE-2,2,2-TRIFLUORO-1-(
33	7.117	7.083	7.283	26890	0.28	2467	V	ETHYLENE, 1,2-BIS(TRIMETHYLSILANYL)
34	7.335	7.283	7.383	26725	0.28	6698	V	M-ETHYLMETHANOBENZONYLLEUCYL
35	7.417	7.383	7.467	16729	0.18	4231	V	13-AZA-14-BORA-15-OXABICYCLO[10.4.1
36	7.529	7.467	7.800	56708	0.59	4253	V	7-HYDROXYAMOXAPINE
37	7.900	7.800	8.033	44762	0.47	3966	V	MOLYBDAEN, DICARBONYL-BIS(HAPTC
38	8.074	8.033	8.200	35565	0.37	4192	V	Prilic acid
39	8.250	8.200	8.350	10560	0.11	2204	V	ZETA-PYRROMYCINONE
40	8.450	8.400	8.567	13054	0.14	1782	V	methyl-3,6-dichloro-2-(tridecyl)methoxyben
41	8.682	8.567	8.767	19633	0.21	2509	V	NICKEL-1-AMINO-1,5-DIHYDRO-4,8-DIAZA
42	9.120	9.067	9.200	16930	0.18	2644	V	Pregna-4,6-diene-3,20-dione, 17-hydroxy-6,16
43	9.233	9.200	9.350	27380	0.29	3197	V	Octa-1,7-dien-3-ol
44	9.396	9.350	9.450	20376	0.21	4884	V	Carbamic acid, (3-chlorophenyl)-, 1-methyl
45	9.483	9.450	9.550	3893	0.04	1496	V	(1H)pyrrole, 2,3,4-trimino-5-(2,4-dibromo-pi
46	9.667	9.583	9.750	22882	0.24	3012	V	1-HYDROXY-1,2,3,4-TETRAHYDROPIROS
47	9.785	9.750	9.850	19880	0.21	4045	V	Methanone, [1,1'-biphenyl]-4-yl(1-cyclohexyl-
48	10.083	9.850	10.117	38414	0.40	2365	V	Cholest-5-en-3-ol (3 beta)- (CAS) Lanol
49	10.274	10.117	10.433	77063	0.81	5745	V	11-Azaandrostan-6-ol, 11,14-diacetyl-, acetate
50	10.638	10.433	10.850	94360	0.99	5309	V	Ethanol (CAS) Ethyl alcohol
51	10.967	10.850	11.000	36642	0.38	4636	V	N-VALERYL-PYLICINIC ACID
52	11.180	11.000	11.300	110166	1.15	7995	V	Methyl 4,4-difluoroacetate (all-trans)
53	11.400	11.300	11.450	48211	0.50	6159	V	D-ribo-Hexitol, 2-(acetylamino)-1,5-anhydro-2
54	11.617	11.450	11.733	60503	0.63	4710	V	9,19-Cyclolanost-24-en-3-ol, (3 beta)- (CAS)
55	11.850	11.817	11.950	16471	0.17	2595	V	Propanoic acid, 3-(butylthio)- (CAS) 3-(n-But
56	11.983	11.950	12.017	10236	0.11	2815	V	Thiophene, 3,4-dibromo- (CAS) 3,4-Dibromot
57	12.066	12.017	12.167	29634	0.31	5236	V	TRIDEUTEROXYLACETIDIN
58	12.329	12.167	12.383	37338	0.39	5096	V	1,3-Dioxole[4,5-b]acridine-10(SH)-one, 4,11-d
59	12.532	12.383	12.617	46105	0.48	4718	V	Bis(perfluoropropyl) derivatives of hydroxy
60	12.742	12.617	12.783	38257	0.40	5391	V	Benzoic acid, 2-methoxy- (CAS) 2-Methoxyb

36

Lampiran 1. 3 perhitungan % *recovery* nikel

$$\%R = \frac{m_0 \cdot c_0 - m_i \cdot c_i}{m_0 \cdot c_0} \times 100\%$$

Keterangan: % R = Recovery Nikel (%)

m_0 = massa umpan (gram)

m_i = massa residu (gram)

c_0 = konsentrasi awal (%)

c_i = konsentrasi residu (%)

perhitungan menentukan % *recovery* nikel

1. Jeruk nipis 100%

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{m_0 \cdot c_0 - m_i \cdot c_i}{m_0 \cdot c_0} \times 100\% \\ &= \frac{5,0010 \text{ gram} \cdot 6,833\% - 5,4434 \text{ gram} \cdot 5,842\%}{5,0010 \text{ gram} \cdot 6,833\%} \times 100\% \\ &= \frac{0,34172 - 0,31798}{0,34172} \times 100\% = 6,95\%\end{aligned}$$

2. Jeruk nipis 50%

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{m_0 \cdot c_0 - m_i \cdot c_i}{m_0 \cdot c_0} \times 100\% \\ &= \frac{5,0003 \text{ gram} \cdot 6,833\% - 5,8947 \text{ gram} \cdot 5,323\%}{5,0003 \text{ gram} \cdot 6,833\%} \times 100\% \\ &= \frac{0,34167 - 0,31377}{0,34167} \times 100\% = 8,17\%\end{aligned}$$