

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Terdapat dua sumber utama nikel di dunia, yaitu nikel sulfida dan nikel laterit. Selama bertahun-tahun, sebagian besar nikel bersumber dari bijih sulfida. Produksi nikel dari bijih sulfida mencapai puncaknya dan terjadi peralihan bertahap ke sumber bijih nikel laterit. Pada tahun 1950-an, 90% dari nikel yang diproduksi berasal dari bijih sulfida, kemudian pada tahun 2009, produksi nikel dari laterit meningkat menjadi 50% dari total produksi. Pada tahun 2022, diperkirakan 72% nikel di dunia bersumber dari bijih nikel laterit (Oxley et al., 2015).

Kelebihan dari bijih nikel laterit yaitu letaknya berada dekat dari permukaan, tidak seperti bijih sulfida yang ditambang jauh lebih dalam. Selain itu, penambangan terbuka bijih laterit lebih mudah dilakukan dan dalam laterit terkandung logam berharga lain yaitu kobalt. Kelimpahan dan kemudahan aksesibilitas ini membuat bijih laterit menjadi pilihan yang menarik bagi industri nikel (Dalvi et al., 2004; Stankovic, 2020). Penyebab bijih laterit belum dieksploitasi dalam skala luas sejauh ini adalah karena pemrosesan bijih laterit membutuhkan lebih banyak energi dibandingkan bijih sulfida, oleh karena itu diperlukan pengembangan teknik pemrosesan yang lebih maju (Elias, 2002).

Bijih nikel sulfida diproses melalui peningkatan menjadi konsentrat dan kemudian dilebur, di mana metode ini tidak berlaku untuk bijih laterit. Berbagai pendekatan telah dilakukan untuk memproses bijih nikel laterit. Metode yang dipilih bergantung pada komposisi sumber bijihnya. Sebagian besar endapan bijih laterit terdiri dari lapisan limonit dan saprolit, dengan ketebalan setiap lapisan bervariasi secara signifikan antara endapan yang berbeda. Saprolit memiliki kandungan magnesium yang tinggi (15-35%), menyebabkan kurang cocok diproses melalui jalur hidrometalurgi yang menggunakan larutan asam di industri, karena asam akan bereaksi dengan MgO, sehingga konsumsi asam akan tinggi, sedangkan limonit memiliki kadar MgO yang lebih rendah (0,5-5%), sehingga limonit cocok untuk diproses dengan hidrometalurgi (Dalvi et al., 2004).

Salah satu metode hidrometalurgi yaitu *High Pressure Acid Leaching* (HPAL), melibatkan pelindian bijih bertekanan tinggi menggunakan asam sulfat dalam autoklaf pada suhu sekitar 250°C. HPAL digunakan untuk mengolah sebagian besar fraksi oksida laterit dan memiliki persen ekstraksi Ni dan Co yang tinggi, yaitu lebih dari 92% (Elias, 2002). HPAL hanya dapat dilakukan untuk pengolahan bijih yang mengandung magnesium dan kalsium yang rendah, karena logam ini mengonsumsi asam dengan jumlah yang besar, yang dapat meningkatkan biaya operasi. Maka dari itu, HPAL cocok untuk mengolah bijih limonit. Namun, HPAL memiliki permasalahan pembuangan limbah yang signifikan. Proses ini kurang disukai secara ekonomi karena memerlukan peralatan mahal seperti autoklaf berlapis titanium dan konsumsi energi yang tinggi. Karena itu, terdapat minat yang berkembang dalam teknik pelindian baru terutama yang beroperasi pada kondisi tekanan atmosfer sehingga pengolahan bijih nikel laterit dapat lebih menarik secara ekonomi (Kyle, 201; Top et al., 2020).

Proses pelindian nikel laterit lain, seperti *Atmospheric Leaching* (AL) dan *Heap Leaching* (HL) sedang dikembangkan dalam skala kecil. Proses ini tidak memerlukan autoklaf sehingga lebih murah dan mudah untuk dioperasikan. Namun metode ini masih membutuhkan investasi yang signifikan dalam hal infrastruktur. *Atmospheric Leaching* sedang dikembangkan untuk memproses campuran bijih limonit dan saprolit (Kyle, 2010). Telah ditunjukkan bahwa pelindian asam tekanan atmosfer (AL) menggunakan asam klorida dapat menghasilkan nikel dan kobalt yang sebanding dengan HPAL (Harris & Magee, 2003).

Salah satu kelemahan utama penggunaan asam dalam *Atmospheric Leaching* adalah selektivitas yang buruk terhadap besi, sehingga semua besi dalam bijih terlarut bersama dengan nikel dan kobalt yang menyebabkan kadar logam yang tinggi dalam *Pregnant Leach Solution* (PLS). Besi merupakan logam pengotor yang harus dihilangkan dari PLS pada langkah pemurnian selanjutnya (Guo et al., 2015; Harris & White, 2011). Metode hidrometalurgi terdiri dari banyak langkah berikutnya yang memerlukan penggunaan bahan kimia dalam jumlah besar, menghasilkan sejumlah besar aliran limbah asam dan basa encer yang memerlukan netralisasi dan pemurnian sebelum dibuang (Pateli et al., 2020).

Meskipun H_2SO_4 , HCl , dan HNO_3 akan selalu menjadi pilihan terbaik untuk pemrosesan logam karena biayanya yang rendah, terdapat kebutuhan untuk mencari media alternatif yang dapat lebih selektif terhadap logam, yang kemudian dapat menghasilkan pemrosesan logam yang lebih efektif dan efisien. Salah satu alternatif pelarut yang dapat digunakan adalah *Eutectic Ionic Liquids* (EILs). EILs adalah campuran eutektik dari donor ikatan hidrogen (HBD) dan akseptor ikatan hidrogen (HBA) membentuk ikatan hidrogen dengan wujud cair pada suhu ruang (Abbott et al., 2001). EILs adalah jenis pelarut baru yang merupakan pengembangan dari *Ionic Liquids* (ILs). EILs memiliki perbedaan dibandingkan dengan ILs. Pada EILs, sistem terbentuk dari campuran eutektik asam dan basa Lewis atau Brønsted yang dapat mengandung berbagai spesies anionik dan/atau kationik, sedangkan pada ILs sistem yang terbentuk terdiri dari satu jenis anion dan kation. Sifat fisik EILs dan ILs mirip, tetapi sifat kimianya berbeda di mana dapat diaplikasikan dalam hal yang sangat berbeda. Tidak seperti ILs, sintesis EILs sangat sederhana, tidak memerlukan penggunaan pelarut dan hanya membutuhkan pencampuran donor ikatan hidrogen (HBD) dan akseptor ikatan hidrogen (HBA), dalam rasio yang tepat untuk membentuk cairan eutektik pada suhu kamar (Smith et al., 2014). Selain itu, sebagian besar komponen EILs tidak beracun, dapat terurai secara hayati, dan tidak mahal. Untuk alasan ini, EILs dianggap sebagai alternatif *green* dari pelarut organik konvensional dan cairan ionik (Siani et al., 2020).

Beberapa penelitian telah menggunakan EILs sebagai pelarut untuk ekstraksi hidrometalurgi logam dari sumber primer dan sekunder. EILs hidrofilik dapat digunakan untuk pelindian logam dan berpotensi besar untuk menggantikan asam mineral, bahkan untuk mengurangi konsumsi air (Zante & Boltoeva, 2020). Semakin banyak kelompok peneliti yang melakukan penelitian mengenai penggunaan IL dan EILs untuk pemrosesan solvometalurgi. Regadío dan Binnemans (2018) telah melakukan *solvoleaching* bijih nikel laterit kadar rendah dan tiga residu industri. Cairan lixivian yang digunakan adalah cairan ionik Aliquat 336 (campuran amonium klorida kuaterner) yang mengandung ≤ 20 wt% air dan jumlah HCl yang berbeda (dari 0,03 hingga 2,5 M HCl). Dihasilkan sebesar $>90\%$ Ni terlindi dari bijih nikel laterit tingkat rendah dan $>90\%$ Ni dan $>90\%$ Cr dari lumpur kaya kromium dari industri baja tahan karat (CRS), dengan hampir tanpa

keberadaan besi. Pateli et al. (2020) telah menyelidiki DES sebagai lixivian untuk ekstraksi logam dari logam oksida, karena DES menawarkan larutan non-aqueous yang sebagian besar dapat diatur untuk sifat pelarut fisik dan kimia tertentu dengan menggunakan HBD atau campuran HBD yang berbeda, tergantung pada logam yang diminati.

Garam amonium kuartener biasanya digunakan sebagai HBA dalam sintesis EILs. Salah satu garam amonium kuartener yang paling banyak digunakan adalah kolin klorida (ChCl). ChCl merupakan garam amonium kuartener yang murah, dapat terurai secara hayati, dan tidak beracun (Habibi et al., 2013). EILs tipe III telah terbukti dapat melarutkan berbagai logam oksida. Ligan seperti urea, tiourea, dan oksalat dikenal sebagai kompleksan untuk berbagai logam dan dapat dijadikan komponen dari EILs.

Penelitian oleh Abbott et al. (2006) menunjukkan bahwa penggunaan HBD yang bersifat asam dapat melarutkan logam oksida dalam EILs dengan hasil yang tinggi. Dihadirkan bahwa EILs yang bersifat lebih asam menunjukkan kelarutan logam oksida yang lebih tinggi karena proton bertindak sebagai akseptor oksigen dan memutus ikatan logam-oksida. Salah satu asam karboksilat yang dapat digunakan untuk melarutkan logam oksida adalah asam oksalat, yang merupakan salah satu HBD yang sering digunakan dalam DES, memiliki pKa 1,2–4,4 dan titik leleh 101°C (Cardellini et al., 2014). Penelitian oleh Abbott et al. (2004) juga menunjukkan bahwa EIL dapat digunakan untuk mengekstrak logam oksida secara selektif dengan mengatur variasi HBD dan rasio molnya, Sebagai contoh, Fe₃O₄ paling larut dalam asam oksalat-kolin klorida, sedangkan dalam campuran asam fenilpropionat-kolin klorida kelarutannya 20 kali lebih sedikit terlarut.

Penggunaan asam oksalat sebagai HBD dengan ChCl sebagai HBA dapat menjadi kandidat alternatif untuk pelindian logam dalam bijih nikel laterit. EILs ini mudah untuk dipreparasi. Pada penelitian ini dilakukan pelindian dua bijih nikel laterit yang berasal dari Pulau Obi, Maluku Utara. Dua sampel bijih nikel laterit yang digunakan yaitu bijih limonit dan saprolit. Pelindian dilakukan dengan menggunakan EIL kolin klorida-asam oksalat. Untuk mengetahui kondisi pelindian yang optimum untuk kedua sampel, pelindian dilakukan dalam berbagai variasi parameter pelindian, seperti suhu pelindian, waktu pelindian, rasio padat/cair, dan

ukuran partikel bijih. Analisis *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) digunakan untuk mengetahui pembentukan EIL kolin klorida-asam oksalat yang disintesis. Analisis semi kuantitatif *X-Ray Fluorescence* (XRF) dilakukan untuk mengetahui kadar logam dan persen ekstraksi tiap logam dalam sampel. Analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan untuk mengetahui kandungan mineral dalam bijih nikel laterit. Untuk mengkonfirmasi hasil analisis XRF dan XRD, dilakukan karakterisasi *Scanning Electron Microscopy dengan Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM-EDS) dengan *mapping* unsur yang bertujuan untuk mendapatkan gambar persebaran tiap logam dalam sampel.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan permasalahan dalam latar belakang penelitian, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses sintesis EIL kolin klorida-asam oksalat?
2. Bagaimana kandungan mineral dan logam dalam sampel bijih nikel laterit berkadar tinggi dan rendah?
3. Bagaimana pengaruh suhu, waktu, rasio padat/cair, dan ukuran partikel bijih dalam pelindian bijih nikel laterit menggunakan EIL kolin klorida-asam oksalat?
4. Bagaimana kelarutan logam Ni, Fe, dan Co dalam EIL kolin klorida-asam oksalat dan pengaruh kadar Ni sampel terhadap kelarutan Ni?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang diajukan, tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui proses sintesis EIL kolin klorida-asam oksalat.
2. Mengetahui kandungan mineral dan logam dalam sampel bijih nikel laterit berkadar tinggi dan rendah.
3. Menyelidiki pengaruh suhu pelindian, waktu pelindian, rasio padat/cair, dan ukuran partikel bijih dalam pelindian bijih nikel laterit menggunakan EIL kolin klorida-asam oksalat.

4. Mengetahui kelarutan logam Ni, Fe, dan Co dalam EIL kolin klorida-asam oksalat dan pengaruh kadar Ni sampel terhadap kelarutan Ni.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat mengenai:

1. Aspek Industri

Penggunaan EIL kolin klorida-asam oksalat sebagai pelarut dalam pelindian bijih nikel laterit dapat menjadi kandidat alternatif terbaru yang lebih selektif terhadap logam dibandingkan pelarut asam lain.

2. Aspek Kesehatan dan Lingkungan

EIL kolin klorida-asam oksalat merupakan larutan yang tidak beracun, *biodegradable*, dan murah, dibandingkan dengan pelarut asam lain yang lebih berbahaya terhadap lingkungan.

1.5 Struktur Organisasi Skripsi

Skripsi yang berjudul “Pelindian Bijih Nikel Laterit menggunakan Cairan Ionik Eutektik Kolin Klorida-Asam Oksalat: Pengaruh Berbagai Parameter Pelindian terhadap Pelarutan Logam” terdiri dari lima bab, yaitu bab I memuat pendahuluan, bab II memuat tinjauan pustaka, bab III memuat metodologi penelitian, bab IV memuat hasil dan pembahasan dan bab V memuat kesimpulan dan saran.

Bab I merupakan pendahuluan yang memuat latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan struktur organisasi skripsi. Latar belakang penelitian menjelaskan dasar pemikiran dan berbagai alasan dilakukannya penelitian. Rumusan masalah terdiri dari beberapa masalah yang akan diselesaikan melalui penelitian ini. Tujuan penelitian berisikan tujuan yang hendak dicapai untuk memecahkan rumusan masalah. Manfaat penelitian berisikan manfaat dalam aspek industri, kesehatan dan lingkungan. Struktur organisasi skripsi berisikan sistematika penulisan skripsi yang memberikan gambaran kandungan dari setiap bab, urutan penulisan dan keterkaitan antar bab dalam membentuk kerangka utuh sebuah skripsi.

Bab II merupakan tinjauan pustaka yang berisikan teori-teori dasar sebagai dasar pemikiran utama dalam melakukan penelitian serta memuat hasil penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dan dijadikan acuan dalam melaksanakan penelitian. Tinjauan pustaka memuat penjelasan mengenai bijih nikel laterit, hidrometalurgi, solvometalurgi, *Ionic Liquids* (ILs), *Eutectic Ionic Liquids* (EILs), EILs berbasis kolin klorida-asam oksalat, dan instrumentasi analitik yang digunakan dalam penelitian.

Bab III merupakan metode penelitian yang memuat tahapan penelitian untuk menyelesaikan permasalahan pada rumusan masalah. Metode penelitian memuat informasi mengenai waktu dan lokasi penelitian, alat dan bahan, tahapan penelitian, diagram alir, set alat, dan perhitungan.

Bab IV merupakan temuan dan pembahasan penelitian yang membahas sintesis EIL kolin klorida-asam oksalat, karakterisasi nikel laterit, pelindian nikel laterit 1 dan 2, analisis residu pelindian, analisis filtrat pelindian, dan kelarutan besi, kobalt, dan nikel dalam EIL.

Bab V merupakan simpulan, implikasi, dan rekomendasi yang memuat penafsiran serta pemaknaan peneliti terhadap hasil analisis penelitian dan mengajukan hal-hal penting yang dapat menjadi saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Pada bagian akhir skripsi juga terdapat daftar pustaka yang memuat rujukan-rujukan dan lampiran yang memuat data hasil karakterisasi serta perhitungan dalam penelitian.