

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mangan merupakan unsur penting yang melimpah kedua belas di kerak bumi (0,096%) (W. Zhang & Cheng, 2007). Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, Mangan telah difungsikan dalam berbagai aplikasi termasuk produksi baja, pupuk, pewarna, dan farmasi (X. ran Zhang *et al.*, 2015). Selain itu, Mangan juga telah digunakan sebagai bahan baku berbagai teknologi tinggi, seperti fotovoltaik surya, turbin angin, dan baterai dalam kendaraan listrik (Islam *et al.*, 2022; Kalantzakos, 2020).

Pada tahun 2023, Mangan juga ditetapkan sebagai salah satu mineral kritis atau *critical minerals* (CRM) (European Commission, 2023). CRM merupakan bahan mentah yang sangat penting secara ekonomi tetapi pasokannya berisiko tinggi terganggu terhadap penipisan (Giese, 2022). CRM dicirikan oleh sifat non-substitusi (tidak tergantikan), distribusi cadangan sumber daya global yang tidak merata, dan ketidakstabilan eksternal dan internasional (S. Li *et al.*, 2019; Shiquan & Deyi, 2022; Zhu *et al.*, 2022). Sebagai salah satu CRM, kekritisian Mangan juga telah diakui oleh sejumlah negara termasuk Australia, Amerika Serikat, Kanada dan Jepang (Summerfield, 2021).

Mangan pada dasarnya dapat ditemukan di berbagai ekosistem (seperti di perairan, makanan, dan limbah elektronik) namun hingga saat ini sumber Mangan terbesar masih berasal dari bijihnya sekitar 1.5 juta ton per tahun dan diperkirakan akan terus meningkat (Das *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2017). Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), produksi pertambangan Mangan Indonesia masih sangat minim sekitar 4912,5 ton. Indonesia juga diperkirakan memiliki jumlah cadangan bijih Mangan yang cukup sedikit sekitar 3,8% atau 49.6 juta ton dari cadangan dunia. Walaupun demikian, kualitas bijih khususnya di Nusa Tenggara Timur (NTT) termasuk yang terbaik di dunia (Yasin

et al., 2021). Dengan masuknya Mangan kedalam kelompok CRM ditambah dengan kehadiran sumber bijih Mangan berkualitas tinggi di NTT tentunya dapat memberikan peluang besar untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi dari sisi sektor pertambangan (Supriyanto, 2021).

Secara teoritis, karakteristik dari logam target seperti Mangan biasanya menyebabkan bijihnya akan selalu ditemukan berkorelasi dengan mineral *gangue* (zat pengotor) yang mengelilingi atau bercampur erat dengan mineral target. Mineral *gangue* ini dipandang dapat mengurangi prospek dan potensi pemanfaatan dari logam target seperti Mangan. Hal ini mengundang berbagai peluang penelitian (Baba *et al.*, 2014). Dalam literatur, berbagai proses yang berkaitan dengan ekstraksi logam dari bijihnya serta pemurnian logam ini biasanya dikenal dengan istilah metalurgi (Hayes & Jak, 2024).

Proses metalurgi terbagi dalam dua tipe yaitu pirometalurgi dan hidro/solvometalurgi. Proses pirometalurgi terdata masih memiliki hambatan seperti kemungkinan emisi asap logam beracun (terutama logam dengan titik leleh rendah), dan biaya operasional yang tinggi. Oleh karena itu, penerapan solvometalurgi lebih disukai sebagai alternatif untuk ekstraksi logam. Dalam proses ini, kegiatan pelindian dapat dianggap sebagai langkah kunci dalam ekstraksi logam dengan menggunakan medium cair kimia atau zat lain yang sesuai yang menyebabkan pembubaran fraksi pada logam (Priya & Hait, 2017). Dua teknik lain yang dapat dipertimbangkan untuk pengolahan bijih, yaitu (i) *bioleaching* atau bio-oksidasi, (ii) *elektroleaching* atau pelindian elektrolitik, dimana reagen oksidatif/reduktif digantikan oleh elektron dalam reaksi elektrokimia (Leclerc *et al.*, 2018).

Umumnya berbagai proses hidro/solvometalurgi masih didominasi oleh medium asam cair seperti pelarut organik atau pelarut elektrolit tradisional yang berpotensi menjadi bahan pencemar berbahaya bagi lingkungan. Seperti pelindian emas, mangan, dan perak menggunakan sianidasi dengan toksisitas tinggi yang masih banyak dipakai di pabrik peleburan emas (K. Li *et al.*, 2023; K. Zhang *et*

al., 2020). Rekam jejak penelitian terkait pelindian bijih Mangan dilakukan oleh Elsherief, (2000) menggunakan teknik pelindian elektrolitik untuk pemulihan bijih Mangan dalam medium pelarut asam sulfat (H_2SO_4). Penggunaan asam sulfat tentunya dapat merusak lingkungan air jika tidak diolah dengan benar. Penelitian lain dilakukan oleh Pagnanelli *et al.*, (2004) dimana ekstraksi konvensional Mangan dari bijih diselidiki dengan menggunakan glukosa sebagai zat pereduksi dalam media asam nitrat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$). Media asam nitrat memiliki kekurangan seperti, korosif, tidak selektif dan berbahaya bagi lingkungan. Selain itu, peran zat pereduksi, seperti glukosa, seperti laktosa, sukrosa, molase, dan metanol diperlukan karena bijih Mangan yang cenderung stabil dalam lingkungan oksidasi asam atau basa sehingga perolehan Mangan harus dilakukan dalam atmosfer zat pereduksi (Zawrah *et al.*, 2020).

Menurut prinsip kimia hijau, pelarut harus dipilih dengan meminimalkan bahaya dan risikonya serta berasal dari bahan baku terbarukan (Bintanel-Cenis *et al.*, 2024). Cairan ionik dan cairan ionik eutektik atau Eutectic Ionic Liquids (EILs) dapat dirancang sebagai alternatif yang menguntungkan dalam banyak aplikasi, yang bertujuan untuk memenuhi tujuan *Sustainable Development Goals* 3 (SDG) nomor 3 (memastikan kehidupan yang sehat dan meningkatkan kesejahteraan bagi semua orang di segala usia) dan 12 (memastikan pola konsumsi dan produksi yang berkelanjutan) (Ferreira *et al.*, 2024).

ILs merupakan garam cair dengan titik leleh di bawah $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan merupakan elektrolit dengan sifat unik yang dihasilkan dari muatan yang tersebar dan asimetri ion yang menyebabkan perilaku kristalisasi yang buruk (Ferreira *et al.*, 2024). Sedangkan EILs merupakan sistem yang terbentuk dari campuran akseptor ikatan hidrogen (HBA) dan donor ikatan hidrogen (HBD). Selain ramah lingkungan, sistem EILs menunjukkan potensi luar biasa sebagai media ekstraksi yang lebih optimal, murah, dan selektif dibandingkan dengan pelarut konvensional. Hal ini dikarenakan, komponen penyusun EILs (yaitu, HBA dan HBD) dapat dirancang dan direkayasa sesuai dengan kebutuhan aplikasi dan

tujuannya (Maletta *et al.*, 2023). Selain itu, karakteristiknya dengan air, seperti sifat hidrofobik atau hidrofilik dari rekayasa komponen penyusun EILs dapat memberikan kontrol lebih terhadap interaksi antara EILs dan senyawa target yang memungkinkan optimalisasi hasil ekstraksi (Shah *et al.*, 2023). Sifat hidrofobik EILs meningkatkan efisiensi dalam mengekstraksi bijih Mangan yang umumnya bersifat non-polar. Di sisi lain, sifat hidrofilik pada EILs juga memiliki peran penting, terutama ketika bijih Mangan terdapat dalam lingkungan yang bersifat polar atau berbasis air. Kemampuan EILs untuk membentuk sifat hidrofilik memungkinkan untuk beroperasi dengan efektif dalam lingkungan yang memerlukan interaksi polar untuk mengekstraksi Mangan (Martín *et al.*, 2023).

Ketersediaan alami dan biodegradabilitas asam lemak atau *Fatty Acid* (FA) menjadikannya alternatif yang menarik untuk dieksplorasi dalam desain EILs baru. FA telah diselidiki untuk desain EILs dengan toksisitas rendah dan untuk ekstraksi logam selektif (Rocha *et al.*, 2016). FA merupakan golongan senyawa dengan sifat fisik yang baik, seperti tidak mudah menguap, tidak mudah terbakar dan meledak, serta sifat hidrofobik yang lebih unggul dibandingkan pelarut organik tradisional (Yue *et al.*, 2023). EILs berbasis FA dapat memiliki sifat hidrofobik atau hidrofilik tergantung pada struktur molekul FA yang digunakan dalam formulasi EILs tersebut. Umumnya, FA memiliki rantai hidrofobik yang panjang dan gugus karboksilat yang hidrofilik. Jika formulasi EILs didominasi oleh rantai hidrofobik dari FA, maka cairan tersebut lebih mungkin bersifat hidrofobik. Sebaliknya, jika proporsi hidrofilik atau gugus karboksilat lebih signifikan, cairan dapat bersifat lebih hidrofilik. EILs hidrofilik dan hidrofobik yang dirancang dengan fungsi khusus telah teruji dapat menggantikan media asam seperti asetonitril dan metanol dalam ekstraksi padat-cair (Zhao *et al.*, 2023).

Asam oleat (OleA) sebagai fase dispersi hidrofobik adalah asam lemak tak jenuh tunggal yang telah banyak digunakan untuk memodifikasi sifat mekanik dan penghalang film dan pelapis yang dapat dimakan (Aguirre-Loredo *et al.*, 2014). Betain memiliki gugus hidrofobik dan hidrofilik dalam strukturnya. Oleh karena

itu, ketika digunakan sebagai kation dalam ILs, dapat memberikan sifat amfipatik pada cairan ionik tersebut. Pemilihan betain dalam EILs tertentu dapat memberikan cairan ionik yang lebih ramah lingkungan, tergantung pada sifat-sifat betain dan struktur ILs secara keseluruhan. Namun, penggunaan kembali EILs belum tercapai dalam pengolahan sumber daya alam menggunakan EILs, sehingga menghambat penerapan praktisnya dalam hal biaya dan kompatibilitas lingkungan. Untuk mengatasi tantangan ini, pelindian langsung menggunakan EILs hidrofobik, yang memungkinkan penggunaan EILs berulang kali sebagai langkah regenerasi, telah dilaporkan sebelumnya (Sakamoto *et al.*, 2024).

Dalam studi kajian literatur, potensi dari EILs berbasis asam lemak masih belum banyak diteliti khususnya dalam pengaplikasiannya sebagai media pelindi bijih Mangan dari Nusa Tenggara Timur (NTT). Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan sintesis sistem EILs yang bersifat hidrofobik terdiri dari betain-asam oleat (1:4). EILs ini akan digunakan sebagai pelarut ionik untuk pelindian pada sampel bijih Mangan dari Nusa Tenggara Timur (NTT). Selain itu, pengaruh variasi ukuran sampel, suhu, waktu, dan L/S dikaji terhadap efektifitas dari %ekstraksi hasil pelindian. Selain itu, penggunaan kembali EILs untuk 3 kali siklus juga dilakukan. Berbagai instrumentasi mencakup *X-Ray Diffraction* (XRD), *X-Ray fluorescence* (XRF), *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersed of X-Rays* (SEM-EDX), dan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) digunakan untuk menunjang informasi penelitian.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil sintesis EILs betain-cis oleat?
2. Bagaimana pengaruh suhu, waktu, rasio padat/cair, dan ukuran partikel bijih dalam pelindian bijih Mangan NTT menggunakan EILs betain-cis oleat?
3. Bagaimana pengaruh tes *reusability* pada kemampuan EILs betain-cis oleat dalam pelindian bijih Mangan NTT?

Andika Purnama Shidiq, 2025

PELINDIAN BIJIH MANGAN NUSA TENGGARA TIMUR MENGGUNAKAN CAIRAN IONIK EUTEKTIK BERBASIS ASAM LEMAK

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui hasil sintesis EILs betain-cis oleat.
2. Menyelidiki pengaruh suhu pelindian, waktu pelindian, rasio padat/cair, dan ukuran partikel bijih dalam pelindian bijih Mangan menggunakan EILs betain-asam cis oleat.
3. Mengetahui pengaruh tes *reusability* pada kemampuan EILs dalam pelindian bijih Mangan NTT

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat mengenai.

1. Memaksimalkan potensi bijih Mangan menggunakan pelarut yang ramah lingkungan, terbarukan, serta dapat didapatkan dari sumber lokal yang berlimpah.
2. Meminimalkan pencemaran serta kerusakan ekosistem lingkungan yang diakibatkan oleh penggunaan pelarut dalam tahapan pengolahan pada bijih Mangan.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Membuat EILs dari rasio komposisi campuran yang telah dioptimasi sebelumnya untuk betaine dengan asam oleat sebagai EILs yang didominasi sifat hidrofilik.
2. Semua rasio komposisi EILs yang disintesis, dikarakterisasi menggunakan FTIR dan DSC, namun untuk uji kinerja pelindian dan pengekstrak hanya diambil satu komposisi yang paling tepat.