

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Logam atau Unsur Tanah Jarang (*Rare Earth Elements*, REEs) merupakan 17 unsur yang terdiri atas 15 anggota Lantanida (La-Lu) termasuk Skandium dan Yttrium (Y). Penggunaan REEs sebagai bahan baku fungsional dalam industri teknologi modern telah berkembang karena REEs memiliki sifat magnetis, elektronik, dan optik yang unik (Binnemans, *et al.*, 2013 dan Tanaka, *et al.*, 2013). REEs dan senyawanya digunakan sebagai material atau bahan yang sangat penting untuk pembuatan komponen dalam berbagai perangkat dan alat seperti komputer, sistem audio, kendaraan listrik dan hibrida, telepon seluler, turbin angin, mesin penggambaran resonansi magnetik, dll. (Li, Zeng, *et al.*, 2020).

Penggunaan REEs yang tinggi menimbulkan kekhawatiran terhadap keamanan pasokan REEs yang semakin menipis. Meski sebenarnya, REEs relatif melimpah di dalam kerak bumi, namun, proses ekstraksi REEs dari bijihnya sulit dan membutuhkan bahan kimia yang tidak ramah lingkungan dalam jumlah besar, sehingga REEs sulit untuk ditambang (Wang, *et al.*, 2017).

Sulit dan mahalnya proses penambangan REEs tersebut mendorong para peneliti untuk mencari alternatif lain untuk mengatasi hal ini. Salah satu caranya yaitu dengan mencari sumber lain atau sumber sekunder. Limbah industri dan produk bekas seperti limbah elektronik telah disoroti sebagai sumber daya sekunder berharga dari logam kritis, termasuk logam tanah jarang. Hal ini dapat menjadi peluang untuk proses pungut ulang REEs yang lebih murah, ramah lingkungan, efektif dan juga tepat waktu untuk meningkatkan pasokan REEs. Limbah elektronik atau *electronic waste (e-waste)* pun sudah menjadi masalah global karena jumlah limbah elektronik yang dihasilkan semakin meningkat dari tahun ke tahun. Dengan demikian, pengolahan limbah elektronik menjadi hal yang perlu diperhatikan juga.

Produksi limbah elektronik Indonesia diprediksi meningkat dari sekitar 2,0 juta ton (pada 2021) menjadi 3,2-4 juta ton (pada 2040). Ini mewakili nilai ekonomi logam berharga dalam limbah elektronik dari US \$2,2 miliar hingga US \$14 miliar.

Selain itu, jumlah timbulan limbah elektronik di Indonesia didominasi oleh pulau Jawa (Mairizal, *et al.*, 2021 dan Widyarsana, *et al.*, 2021).

Sebagai bagian dari limbah elektronik, produksi limbah lampu pendar di Indonesia juga sangat berlimpah. Konsumsi lampu pendar di tanah air terus menunjukkan tren peningkatan, yaitu 160-200 juta unit pada tahun 2009-2010 diprediksi menjadi 350 juta unit pada tahun 2020 (Cahyono, 2011). Studi lain yang dilakukan oleh Susila, Magdalena, dan Sihombing (2013) juga menunjukkan bahwa berdasarkan data historis, penetrasi lampu pendar di Indonesia meningkat lebih dari 20 kali (2000-2011) dan akan terus meningkat tajam sampai dengan tahun 2020-2030 dengan limbah lampu pendar terbuang sekitar 9.068 juta unit yang disertai limbah merkuri sekitar 45 ton.

Hasil prediksi yang menyatakan peningkatan jumlah limbah elektronik di Indonesia tersebut haruslah diantisipasi dengan baik. Maka dari itu, pengolahan limbah elektronik seyogyanya perlu ditingkatkan dan diperluas agar tidak semata-mata menjadi sampah saja. Pungut ulang material komponen limbah elektronik dapat menjadi langkah yang sangat brilian agar material yang diperoleh dapat digunakan kembali untuk produksi berikutnya demi sistem yang berkelanjutan.

Ekstraksi cair-cair yang digunakan secara luas untuk pemisahan REEs adalah salah satu teknik yang paling menjanjikan untuk pungut ulang logam. Tetapi, penggunaan pelarut organik dalam jumlah besar sebagai pengencer menjadi masalah (Kubota dan Goto, 2018). Metode ekstraksi pelarut untuk pungut ulang logam dari limbah elektronik dilakukan dengan pelarutan logam menggunakan asam dan reagen lain, yang disebut pelindian dalam hidrometalurgi. Namun, proses tersebut tidaklah mudah karena adanya berbagai pengotor logam yang ikut larut (Yang, *et al.*, 2013) sehingga metode ekstraksi dan proses pungut ulang yang efisien diperlukan untuk mendaur ulang REEs. Hal ini merupakan topik yang sangat penting di dunia saat ini.

Ekstraktan biasanya digunakan untuk mengurangi biaya serta dampak ekologis dalam proses ekstraksi dan pemisahan REEs. Salah satu alternatif ekstraktan tersebut adalah penggunaan cairan ionik (*Ionic Liquids*, ILs). Cairan ionik yang hanya terdiri dari ion ini sangat menarik karena sifat uniknya sebagai alternatif

pelarut organik. Selain itu, kinerja ILS dapat ditingkatkan dengan menyintesis cairan ionik terfungsionalisasi (*Functionalized Ionic Liquids* (FILs)). Serangkaian FILs yang baru telah dirancang (Giernoth, 2010 dan Rogers, 2007) dan dapat digunakan secara langsung sebagai fase ekstraksi untuk REEs. FILs berkontribusi untuk mengatasi masalah kelarutan pengencer/ekstraktan dan memfasilitasi daur ulang pelarut (Sun, *et al.*, 2012). FILs tidak mudah menguap dan tidak terlalu beracun, tetapi sebagian besar masih berbahan dasar bahan kimia berbahaya, seperti bahan organik berfluorinasi (Blum, *et al.*, 2015). Selain itu, kelemahan lain dari FILs umum adalah sintesis dan pemurniannya yang panjang, yang membuat produksi FILs menjadi mahal (Osch, *et al.*, 2016). Aplikasi industri FILs untuk ekstraksi REEs harus segera dilancarkan dengan menurunkan biaya dan dampak lingkungan dari preparasi FILs.

Dewasa ini, FILs berbasis oleat telah dilaporkan dapat mengekstrak logam oleh beberapa peneliti (Parmentier, *et al.*, 2013 dan 2015) yang menyatakan efisiensi ekstraksi yang sangat baik pada kondisi eksperimental tertentu. Prekursor yang lebih murah, kelarutan air yang lebih rendah, dan viskositas yang lebih rendah membuat FILs ini sesuai untuk ekstraksi logam. Asam oleat, linoleat dan linolenat, asam karboksilat yang paling umum, banyak dimiliki oleh minyak nabati dengan kandungan hingga 80 mol% (Kizildogan, *et al.*, 2011 dan Patel, *et al.*, 2005). Asam lemak tersebut memiliki gugus fungsi karboksilat atau anion karboksilat yang dapat dijadikan sebagai anion prekursor bersama kation tertentu untuk sintesis cairan ionik.

Namun, ekstraksi dan pemurnian asam lemak dari minyak alami dapat menjadi sangat sulit dan berbiaya mahal serta menghasilkan limbah kimia yang tak terelakkan (Alghamdia, Piletskya dan Piletska, 2018). Menariknya, ion logam berat dalam larutan berair dapat berhasil dihilangkan sepenuhnya oleh minyak nabati yang difungsionalisasi dengan tioeter (Murray, *et al.*, 2013). Penggunaan langsung minyak nabati sebagai prekursor untuk mensintesis FILs mungkin merupakan pendekatan yang tepat untuk proses ekstraksi logam.

Berdasarkan hal tersebut, proses pungut ulang logam tanah jarang dari limbah elektronik sangatlah memungkinkan dan menjanjikan. Pada studi literatur

ini, perbandingan informasi dan data tentang cairan ionik terfungsionalisasi karboksilat (FILs-Karboksilat) dari senyawa karboksilat non-asam lemak, senyawa asam lemak tunggal, dan campuran asam lemak pada minyak nabati yang dapat digunakan untuk pungut ulang REEs dari limbah elektronik akan dideskripsikan. Selain itu, analisis tekno-ekonomi juga dilakukan untuk mengetahui prospek proses ini secara ekonomi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, masalah penelitian ini dibatasi dan dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menyintesis cairan ionik terfungsionalisasi karboksilat untuk digunakan dalam proses pelindian dan ekstraksi logam tanah jarang dari limbah elektronik?
2. Bagaimana sifat fisikokimia cairan ionik terfungsionalisasi karboksilat untuk digunakan dalam proses pelindian dan ekstraksi logam tanah jarang dari limbah elektronik?
3. Bagaimana kinerja cairan ionik terfungsionalisasi karboksilat untuk digunakan dalam proses pelindian dan ekstraksi logam tanah jarang dari limbah elektronik?
4. Bagaimana analisis tekno-ekonomi terhadap proses pungut ulang logam tanah jarang dari limbah elektronik menggunakan cairan ionik terfungsionalisasi karboksilat?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan informasi berkaitan dengan sintesis cairan ionik terfungsionalisasi karboksilat untuk digunakan dalam proses pelindian dan ekstraksi logam tanah jarang dari limbah elektronik.
2. Mempelajari informasi berkaitan dengan sifat fisikokimia cairan ionik terfungsionalisasi karboksilat untuk digunakan dalam proses pelindian dan ekstraksi logam tanah jarang dari limbah elektronik.

3. Mempelajari informasi berkaitan dengan kinerja cairan ionik terfungsionalisasi karboksilat untuk digunakan dalam proses pelindian dan ekstraksi logam tanah jarang dari limbah elektronik.
4. Menganalisa hasil analisis tekno-ekonomi terhadap proses pungut ulang logam tanah jarang dari limbah elektronik menggunakan cairan ionik terfungsionalisasi karboksilat.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini dapat dilihat dari beberapa aspek berikut ini:

1. Aspek Ekonomi

Memaksimalkan potensi produk limbah elektronik, khususnya limbah lampu pendar sebagai bahan alternatif logam tanah jarang menggunakan bahan dan proses yang murah, ramah lingkungan, terbarukan, didapatkan dari sumber lokal, yang selama ini didapatkan dari penambangan yang tidak ramah lingkungan dan tidak terbarukan.

2. Aspek Industri

Mengoptimalkan proses pungut ulang logam tanah jarang dari limbah elektronik menggunakan cairan ionik terfungsionalisasi karboksilat dalam skala industri serta memprediksi kelayakan proses industri ini secara ekonomi.

3. Aspek Kesehatan dan Lingkungan

Menghilangkan dan meminimalkan racun merkuri pada tubuh makhluk hidup dan lingkungan. Limbah lampu pendar mengandung merkuri yang membahayakan kesehatan dan lingkungan. Daur ulang terhadap limbah ini, sekaligus akan menghilangkan logam merkuri.

1.5 Struktur Organisasi Skripsi

Skripsi ini terdiri atas lima bab utama, yaitu Bab I Pendahuluan, Bab II Tinjauan Pustaka, Bab III Metode Penelitian, Bab IV Hasil Temuan dan Pembahasan serta Bab V Penutup. Skripsi ini juga dilengkapi dengan daftar gambar, tabel, dan lampiran serta daftar pustaka yang diikuti oleh lampiran. Rincian kelima bab utama adalah sebagai berikut.

1. Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang, batasan dan rumusan masalah, tujuan penelitian, serta manfaat penelitian yang menjadi sebab awal mula penelitian ini harus dilakukan, kemudian terdapat pula struktur organisasi skripsi.

2. Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi teori-teori dan konsep yang mendasari dan menunjang penelitian yang dilakukan. Tinjauan pustaka tersebut berasal dari berbagai sumber ilmiah seperti artikel jurnal ilmiah, buku, maupun skripsi yang berkaitan.

3. Bab III Metode Penelitian

Bab ini berisi jenis dan pendekatan penelitian, alur dan diagram alir penelitian, penelusuran literatur rujukan, seleksi literatur rujukan, abstraksi literatur rujukan, serta teknik analisis tekno-ekonomi, teknik pengumpulan data, teknik analisis data dan teknik penarikan kesimpulan.

4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang temuan-temuan yang diperoleh beserta analisis terhadap temuan-temuan tersebut.

5. Bab V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan tentang penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian berikutnya yang masih bersangkutan.