

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah elektronik merupakan barang-barang dari berbagai jenis peralatan elektronik dan listrik serta komponennya yang telah tidak terpakai dan menjadi limbah. Sejak tahun 2010, volume limbah elektronik yang dihasilkan secara global terus meningkat. Pada tahun 2019, sekitar 53,6 juta ton limbah elektronik dihasilkan, menunjukkan peningkatan sebesar 44,4 juta ton dalam kurun waktu 5 tahun. Namun, hanya sekitar 17,4% dari total limbah elektronik yang terkumpul dan didaur ulang dengan benar (Statista, 2022). Peningkatan volume limbah elektronik yang tinggi ini menunjukkan adanya tantangan dalam pengelolaan limbah elektronik. Upaya yang lebih besar diperlukan dalam mengumpulkan, memilah, dan mendaur ulang limbah elektronik secara efektif untuk mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

Permasalahan lingkungan terkait dengan limbah elektronik juga dibahas dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs). Pada tahun 2015, Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) mengadopsi serangkaian tujuan Pembangunan Berkelanjutan, terutama meliputi Tujuan 3 "Kesehatan dan Kesejahteraan yang Baik", Tujuan 11 "Membuat Kota yang Inklusif, Aman, Tangguh, dan Berkelanjutan", serta Tujuan 12 "Menjamin Pola Konsumsi dan Produksi yang Berkelanjutan". Tujuan ini bertujuan untuk mencapai pengelolaan bahan kimia dan limbah secara tepat, sesuai dengan kerangka kerja internasional yang disepakati, serta secara substansial mengurangi akumulasi limbah melalui upaya pencegahan, pengurangan, perbaikan, daur ulang, dan penggunaan kembali (Goodship *et al.*, 2019).

Menurut *United Nations Institute*, sekitar 9% dari total limbah elektronik yang dihasilkan merupakan limbah elektronik berbahaya, sedangkan 51% merupakan limbah *Printed Circuit Board* (PCB), dan 38% merupakan limbah *Electronic and Electrical Equipment* (EEE) (Baldé *et al.*, 2022). PCB adalah komponen penting dalam perangkat elektronik, dengan proporsi sekitar 20-30% pada ponsel, sekitar 20% pada komputer, dan sekitar 10% pada televisi (Wang *et*

al., 2017). Tingginya persentase limbah PCB menekankan pentingnya mendaur ulang limbah ini. Salah satu metode yang digunakan untuk mendaur ulang PCB adalah dengan pungut ulang logam berharga seperti besi (Fe), tembaga (Cu), aluminium (Al), timah (Pb), nikel (Ni), perak (Ag), dan paladium (Pd) (Erust *et al.*, 2020). Logam perak memiliki nilai ekonomi yang tinggi, mencapai 528.558 \$/ton (Arshadi *et al.*, 2018). Nilai tinggi logam perak ini berasal dari peranannya yang krusial sebagai konduktor dan elektroda, berkat konduktivitas listriknya yang tinggi (Jiang *et al.*, 2018). Oleh karena itu, pungut ulang logam perak dari limbah elektronik seperti PCB memiliki potensi yang menarik untuk dilakukan.

Teknik pungut ulang logam perak dari limbah PCB umumnya melibatkan teknik fisik, pirometalurgi, dan hidrometalurgi (Rai *et al.*, 2021). Namun, metode daur ulang limbah PCB yang melibatkan penghancuran sederhana, pemisahan, dan pirometalurgi tidak sesuai dengan persyaratan pembangunan berkelanjutan karena membutuhkan biaya tinggi dan tidak ramah lingkungan (VanGuilder, 2018). Di sisi lain, hidrometalurgi telah digunakan secara komersial untuk limbah elektronik, tetapi memerlukan tahap *pretreatment* yang rumit dengan berbagai bahan kimia. Oleh karena itu, metode ini dianggap lambat dan mahal (Gorain *et al.*, 2016). Untuk itu, diperlukan pendekatan metode yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan dalam pungut ulang logam perak dari limbah PCB.

Terdapat metode alternatif lain yang disebut solvometalurgi, yang merupakan cabang baru dalam metalurgi ekstraktif. Metode ini menggantikan fasa air yang digunakan dalam proses hidrometalurgi dengan pelarut organik (Binnemans & Jones, 2017). Pelarut tersebut terlibat secara langsung dalam proses pelindian logam untuk memisahkan logam murni dari limbah elektronik. Proses pelindian sendiri merupakan proses melarutkan logam dari padatan atau limbah ke dalam pelarut cair (Sethurajan *et al.*, 2017). Berbagai jenis pelarut telah digunakan dalam proses pelindian ini, seperti pelarut asam anorganik yang menggunakan reagen kaustik. Namun, pelarut semacam itu memiliki potensi bahaya bagi pekerja dan lingkungan (Liu *et al.*, 2019). Di sisi lain, pelarut berbasis asam organik seperti asam malat atau asam oksalat kurang efisien dibandingkan dengan pelarut asam anorganik yang lebih kuat, dan seringkali memerlukan penggunaan senyawa aditif tambahan dalam proses pelindian logam (Yao *et al.*, 2018). Oleh karena itu, sangat

penting untuk menemukan pelarut yang ramah lingkungan dan mampu mengoptimalkan efisiensi dalam proses pelindian logam.

Ionic Liquids (IL) telah diusulkan sebagai pelarut ramah lingkungan untuk menggantikan pelarut organik tradisional yang pertama kali diperkenalkan pada tahun 1914 (Freudenmann *et al.*, 2011). Selain itu, IL memiliki sifat yang berbeda dari pelarut organik tradisional, yang membuatnya menarik, seperti titik leleh di bawah 100°C, cair pada suhu kamar, tidak mudah terbakar, sulit menguap dan kelarutan yang sangat baik (Singh *et al.*, 2019). Di sisi lain, IL memiliki biodegradabilitas, biokompatibilitas, dan umur simpan yang buruk. Selain itu IL juga mahal, beracun dan sulit diproduksi. Oleh karena itu, *Deep eutectic solvents* (DES) dikembangkan dan diperkenalkan pada tahun 2003 (Abbott *et al.*, 2003). DES memiliki sebagian besar keunggulan IL dan jauh lebih tidak beracun, murah dan mudah dibuat (Li *et al.*, 2018).

DES menarik minat sebagai alternatif pelarut karena memiliki sifat fisikokimia yang serupa dengan cairan ionik (Loow *et al.*, 2018). DES terdiri dari *Hydrogen Bond Acceptor* (HBA) dan *Hydrogen Bond Donor* (HBD) yang membentuk fasa cair pada suhu ruang dan dapat membentuk kompleks dengan logam dan oksida logam (Riveiro *et al.*, 2020). Sifat fisik dan fasa DES mirip dengan IL dalam hal titik beku, densitas, viskositas, dan konduktivitas ion (Pena-Pereira & de la Calle, 2018). DES memiliki berbagai aplikasi yang luas, termasuk elektrodeposisi logam, pelindian logam, ekstraksi, aktivitas biokatalitik, dan sintesis organik (Bagh *et al.*, 2014). Oleh karena itu, DES memiliki potensi besar dalam proses pelindian logam yang efisien dan ramah lingkungan.

Penelitian mengenai pelindian logam perak menggunakan DES telah dilakukan, seperti yang dilaporkan oleh Aldhafi (2022) dan Nugraha (2022). Aldhafi (2022) menggunakan DES gliselin yang terdiri dari kolin klorida sebagai HBA dan gliserol sebagai HBD dalam proses ekstraksi perak dari limbah PCB dengan memvariasikan suhu antara 80°C hingga 120°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan suhu dalam proses pelindian cenderung meningkatkan persentase ekstrak perak dari limbah PCB. Namun, penelitian tersebut belum mempertimbangkan pengaruh waktu dan rasio padatan-cair (S/L) terhadap tingkat ekstraksi perak. Oleh karena itu, penelitian ini merupakan

kelanjutan dari penelitian sebelumnya yang bertujuan untuk menentukan waktu dan S/L optimum dalam proses pelindian logam perak dari limbah PCB.

Di sisi lain, Huang *et al.* (2022) menjelaskan bahwa DES terner memiliki efisiensi yang lebih tinggi dalam mengekstrak logam LiCoO₂ dibandingkan dengan DES biner. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, DES terner dengan penambahan asam sitrat pada DES gliselin digunakan untuk pelindian logam perak. Pemilihan asam sitrat sebagai HBD didasarkan pada penelitian Peeters *et al.* (2020), yang menunjukkan bahwa asam sitrat sebagai HBD memiliki efisiensi yang tinggi dalam pelindian logam LiCoO₂ dibandingkan dengan HBD lainnya. Selain itu, penggunaan asam sitrat dalam DES terner dapat menaikkan pH serta meningkatkan jumlah gugus hidroksil yang membentuk lebih banyak ikatan hidrogen pada DES (Manurung *et al.*, 2019). Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam upaya mengurangi limbah elektronik berbahaya sesuai dengan visi pembangunan berkelanjutan (SDG) dan meningkatkan nilai ekonomi limbah dengan mendapatkan logam perak yang memiliki nilai jual tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh waktu dan rasio padatan-cair (S/L) pelindian terhadap tingkat ekstrak logam perak dari limbah PCB menggunakan DES gliselin?
2. Bagaimana karakteristik DES terner yang terbentuk dari penambahan asam sitrat pada DES gliselin?
3. Bagaimana kinerja DES terner dalam proses pelindian logam perak dari limbah PCB?

1.3 Tujuan Penelitian

Mengarah pada rumusan masalah maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menentukan waktu dan rasio padatan-cair (S/L) pelindian optimum untuk memperoleh ekstrak logam perak dari limbah PCB menggunakan DES gliselin
2. Mengetahui karakteristik DES terner yang terbentuk dari penambahan asam sitrat pada DES gliselin.

3. Mengetahui kinerja DES terner dalam proses pelindian logam perak dari limbah PCB.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini sebagai berikut:

1. Industri: Hasil optimasi pelindian logam perak dari limbah elektronik memiliki potensi besar dalam pengembangan metode pelindian yang lebih efisien, dengan demikian mampu meningkatkan produksi dan pengolahan limbah elektronik secara industri.
2. Ekonomi: Penelitian ini memiliki potensi untuk menciptakan sumber pendapatan baru melalui pengolahan limbah elektronik dengan mendaur ulang logam perak dari limbah PCB..
3. Lingkungan: Upaya pungut ulang limbah elektronik dapat mengurangi jumlah limbah berbahaya yang dibuang ke lingkungan. Penggunaan DES sebagai pelarut yang ramah lingkungan juga dapat berkontribusi pada pemeliharaan keseimbangan dan keberlanjutan lingkungan.
4. Potensi Penelitian Lanjutan: Penelitian ini menggunakan DES gliselin dan DES terner, yang dapat menginspirasi penelitian lebih lanjut dalam pengembangan pelarut alternatif yang lebih efisien dan ramah lingkungan untuk pengolahan limbah elektronik.

1.5 Struktur Organisasi Skripsi

Skripsi ini terdiri dari lima bab. Bab I membahas pendahuluan, termasuk latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan struktur organisasi skripsi. Pada Bab II, dikaji pustaka mengenai limbah elektronik, *Printed Circuit Board* (PCB), metode pungut ulang logam, pelindian logam, *Deep Eutectic Solvents* (DES), DES biner, DES terner, dan alat instrumen untuk karakterisasi. Bab III menjelaskan metode penelitian yang meliputi tempat, waktu, alat, bahan, dan tahapan penelitian. Bab IV mengenai temuan dan pembahasan. Terakhir, Bab V berisi simpulan, implikasi, dan rekomendasi berdasarkan temuan penelitian. Skripsi ini juga dilengkapi dengan lampiran berupa data dan gambar yang memberikan dukungan pada penelitian ini.