

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

United Nations Institute melaporkan bahwa secara global terdapat sebanyak 53,6 juta ton sampah elektronik dan hanya 9.3 juta ton yang ditangani pada tahun 2019. Dari data statistik ini diperkirakan pula bahwa sampah elektronik di tahun 2030 jumlahnya akan bertambah menjadi 76,7 juta ton dan pada tahun 2050 menjadi 110 juta ton. Peningkatan jumlah sampah elektronik ini disebabkan pesatnya perkembangan ekonomi yang menyebabkan meningkatnya penggunaan alat elektronik. Perangkat elektronik yang memiliki nilai pakai sementara menyebabkan perangkat ini menjadi sampah jika telah rusak (Yuan *et al.*, 2022).

Secara umum, e-waste adalah istilah yang mencakup semua produk end-of-life (EoL) yang menggunakan baterai atau kabel/sirkuit (Solving the E-waste Problem (StEP), 2014). Salah satu sampah yang banyak terbuang adalah sampah *Printed circuit board* (PCB). Terdapat 1,2 juta ton sampah PCB di dunia yang yang dapat ditangani hanya sebanyak 0.4 juta ton. PCB mengandung sekitar 30% plastik, 30% keramik, dan 40% logam. PCB memiliki kandungan logam yang sangat beragam seperti besi (Fe), Tembaga (Cu), Aluminium (Al), timah (Pb), Nikel (Ni), perak (Ag), emas (Au), dan palladium (Pd) (Erust *et al.*, 2020).

Tabel 1.1. kandungan logam dalam PCB

Logam	Kandungan
Cu	10-27%
Fe	8-38%
Al	2-19%
Pb	0.3-2%
Ag	200-3000 ppm
Au	50-500 ppm
Pd	10-200 ppm

Sumber : (N. Perkins *et al.*, 2014)

Besarnya nilai persentase limbah PCB menjadikan sampah ini perlu untuk didaur ulang. Masalah ini juga dikaitkan dengan isu SDGs, khususnya untuk poin 3 “good health and well-being”, poin 11 “*Make cities inclusive, safe, resilient and sustainable*” dan poin 12 “*Ensure sustainable consumption and production patterns*” dengan target untuk menyerukan pengurangan dampak lingkungan yang

merugikan bagi kota dan masyarakat pada tahun 2030 mendatang. Target ini menambah urgensi perlunya penanganan limbah ini. Salah satu cara daur ulang PCB adalah dengan mengambil logam-logam berharga yang terkandung dalam PCB, yaitu perak. Selain untuk mengatasi masalah lingkungan, daur ulang juga didorong oleh kepentingan ekonomi. Kuantitas cadangan logam mulia yang terbatas dan nilai ekonominya yang tinggi memberikan insentif tambahan untuk meningkatkan pemulihan dan penelitian logam mulia dari PCB (Chancerel *et al.*, 2009). Pada tahun 2019 hanya 17% sampah elektronik yang didaur ulang untuk diambil emas, perak, tembaga, dan platina yang secara konservatif bernilai sekitar \$57 miliar USD. Nilai ini sangat besar jika semua sampah elektronik dapat didaur ulang untuk mengambil logam-logam berharga yang terkandung dalam sampah PCB (Baldé *et al.*, 2022).

Ada berbagai macam metode untuk pengambilan logam dalam PCB seperti proses pirometalurgi, hidrometalurgi, dan solvometalurgi (Kim *et al.*, 2011; H. Wang *et al.*, 2017). Dalam proses pirometalurgi, limbah PCB dimasukkan ke dalam proses peleburan (misalnya, ke dalam peleburan Cu atau Pb) pada suhu 1200 ° C (Kaya, 2018). Metode hidrometalurgi menjadi metode yang paling umum digunakan. Metode ini menggunakan suatu pelarut yang dapat melarutkan logam-logam yang ditargetkan (Hocking, 2005). Saat ini, praktik pengelolaan limbah elektronik yang paling umum dilakukan di negara berkembang melibatkan penggunaan larutan asam untuk memisahkan logam dari limbah PCB (Goodship *et al.*, 2019). Masalah lain juga muncul disini, dimana pelarut yang biasanya digunakan untuk pelindian logam ini menggunakan larutan asam kuat. Larutan asam kuat memang efektif untuk pelindian logam dengan persentase recovery yang sangat tinggi, tetapi penggunaan asam kuat sangat berbahaya untuk lingkungan (Florindo *et al.*, 2014). Solvometalurgi mirip dengan hidrometalurgi karena proses pemisahan atau ekstraksi logam dilakukan pada suhu rendah. Solvometalurgi menggunakan bahan anhidrat atau berkadar air rendah (Binnemans & Jones, 2017). Cairan ionik (ILs) dan Deep Eutectic Solvent (DES) merupakan pelarut yang digunakan dalam solvometalurgi. ILs menjadi alternatif lain untuk menggantikan larutan asam kuat, hanya saja sintesis cairan ionic terbilang rumit dan bahan yang digunakan cukup mahal serta toksisitasnya. Dari masalah tersebut maka diperlukan

larutan pengganti yang dapat melarutkan berbagai macam logam yang ditargetkan dengan persentase pelindian yang besar serta memiliki selektivitas yang tinggi. Baru-baru ini, *Deep Eutectic Solvent* (DES) menarik minat sebagai pelarut yang layak diaplikasikan karena sifat fisiokimianya yang mirip dengan cairan ionik (Loow *et al.*, 2018). Sifat fisik dan fasa DES mirip dengan ILS dalam hal titik beku, densitas, viskositas, tegangan permukaan, dan konduktivitas listrik (Pena-Pereira & de la Calle, 2018).

DES diharapkan dapat menjadi alternatif pengganti pelarut asam untuk proses pelindian logam. DES merupakan pelarut yang tersusun atas Akseptor Ikatan Hidrogen (HBA) dan Donor Ikatan Hidrogen (HBD) yang membentuk fasa cairan pada suhu ruang dan mampu membentuk kompleks dengan berbagai jenis logam ataupun oksida logam. HBA pada DES umumnya berupa garam amonium kuarterner atau garam fosfonium dan HBD yang berupa gula, alkohol, asam karboksilat atau asam amino (Riveiro *et al.*, 2020). Berbagai literatur menunjukkan kemampuan DES untuk melarutkan berbagai jenis oksida logam dengan persentase pelindian yang besar. DES berbasis ChCl:asam sitrat mampu melindi kobalt (Co) sebesar 99,6% (Peeters *et al.*, 2020), ChCl:etilen glikol melindi 89,91% litium (Li) dan 94,14% kobalt (Co) (Tran *et al.*, 2019), serta ChCl:asam oksalat melindi 90% litium (Li) dan mangan (Mn) 96% (Xu *et al.*, 2021). Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa DES dapat digunakan sebagai pelarut alternatif dalam pelindian logam. Pada penelitian ini jenis DES yang digunakan adalah kolin klorida sebagai HBA dan asam karboksilat berupa asam oksalat, asam malonat, dan asam suksinat sebagai HBD. Penggunaan asam karboksilat sebagai HBD ini didasarkan pada senyawa-senyawa ini telah terbukti dapat digunakan sebagai agen pelindi karena kemampuannya melarutkan berbagai oksida logam seperti yang ditunjukkan pada tabel 4. Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan, belum banyak studi terkait penggunaan DES berbasis kolinklorida untuk pelindian logam perak dari limbah PCB, sehingga penelitian ini bertujuan untuk melakukan sintesis dan mengetahui karakteristik DES berbasis kolin klorida dengan asam oksalat, asam malonat, dan asam suksinat; mempelajari pengaruh perbedaan panjang rantai karbon HBD terhadap pelindian perak; serta mengetahui pengaruh rasio solid/liquid, waktu dan suhu pelindian terhadap efisiensi pelindian perak.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah penelitian diuraikan dalam beberapa pertanyaan, sebagai berikut:

- 1 Bagaimana sintesis dan karakteristik DES berbasis kolin klorida dengan asam oksalat, asam malonat, dan asam suksinat?
- 2 Bagaimana pengaruh dari perbedaan panjang rantai karbon terhadap pelindian perak?
- 3 Bagaimana pengaruh rasio solid/liquid, suhu dan waktu pelindian terhadap efisiensi pelindian perak?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Melakukan sintesis dan mengetahui karakteristik DES berbasis kolin klorida dengan asam oksalat, asam malonat, dan asam suksinat.
2. Mempelajari pengaruh perbedaan panjang rantai karbon HBD terhadap pelindian perak.
3. Mengetahui pengaruh rasio solid/liquid, waktu dan suhu pelindian terhadap efisiensi pelindian perak.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dikaitkan dengan isu SDGs, dengan target untuk menyerukan pengurangan dampak lingkungan yang merugikan bagi lingkungan dan masyarakat pada tahun 2030 mendatang dan mengurangi timbulan limbah melalui pencegahan, pengurangan, daur ulang, dan penggunaan kembali. Sehingga penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam mengurangi limbah elektronik (seperti, PCB) dengan cara memanfaatkannya untuk pelindian perak dengan metode yang ramah lingkungan.