

## BAB V

### SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai sintesis dan karakterisasi DES terner berbasis kolin klorida dan aplikasinya dalam pelindian logam perak dari limbah *printed circuit board*, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. TDES 1 (ChCl-EG-CA) dan TDES 2 (ChCl-OX-CA) berhasil disintesis dengan rasio molar optimum masing-masing 2:3:1 dan 4:1:1. Proses sintesis TDES dilakukan dengan kondisi pemanasan 80 °C, 2 jam, 400 rpm;
2. Karakteristik dari kedua TDES dihasilkan cairan berwujud cairan homogen, di mana TDES 2 lebih kental daripada TDES 1. Densitas terukur pada TDES 1 sebesar 1,2524 g/cm<sup>3</sup>, sedangkan TDES 2 sebesar 1,2695 g/cm<sup>3</sup>. Nilai pH terukur sebesar 1,2020 untuk TDES 1, sementara TDES 2 dalam rentang 0–1. Kedua TDES menunjukkan sifat polar kuat karena mampu larut dalam etanol, metanol, dan air. Hasil analisis FTIR menunjukkan pembentukan ikatan hidrogen, dari pelebaran dan pergeseran pada puncak daerah 3.000–3.400 cm<sup>-1</sup>; dan
3. Sampel WPCB mengandung logam perak sebesar 1,60%. Kinerja pelindian menggunakan TDES 1 lebih tinggi (76,85%) daripada TDES 2 (48,38%), pada kondisi pelindian yang sama, 120 °C, 16 jam, 500 rpm, dan rasio S/L 1/20 g/mL. Dibandingkan sistem binernya, persentase pelindian kedua TDES masih lebih rendah, bisa diakibatkan kondisi pelindian yang belum optimum untuk logam perak. Meskipun TDES 2 memiliki keasaman lebih tinggi, persen pelindian peraknya lebih rendah. Hal ini bisa dimungkinkan akibat viskositas TDES 2 yang terlalu tinggi, sehingga menghambat transfer fasa antara DES dan sampel. Faktor lain seperti kandungan air dan ketidakcocokan kombinasi HBA-HBD juga dimungkinkan berpengaruh.

## 5.2 Implikasi dan Rekomendasi

Berdasarkan tahapan penelitian yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa TDES berbasis kolin klorida dengan etilen glikol–asam sitrat dan asam oksalat–asam sitrat memiliki potensi dalam melindi logam perak dari WPCB. Namun, penulis melihat potensi kedua TDES masih belum sepenuhnya dicapai. Maka dari itu, pada penelitian mendatang dapat dilakukan pengembangan dengan beberapa rekomendasi berikut:

1. Dilakukan analisis DSC untuk dapat memastikan titik leleh dari TDES dan bisa menggunakan TDES dengan titik leleh terendah;
2. Dilakukan pengukuran yang lebih lengkap dan terkuantifikasi untuk TDES, seperti viskositas, densitas, pH, dan kandungan air untuk beberapa rasio molar;
3. Dilakukan pelindian terhadap sampel standar PCB, yang bertujuan untuk mendapatkan hasil pelindian yang lebih terkontrol, tervalidasi, dan memiliki acuan yang jelas;
4. Dilakukan optimasi untuk berbagai kondisi pelindian, seperti suhu, waktu, dan rasio S/L. Di mana kondisi optimum ditentukan berdasarkan hasil tertinggi terhadap logam target perak, sehingga hasilnya memiliki selektivitas lebih ke logam perak;
5. Digunakan analisis kandungan logam yang lebih kuantitatif seperti ICP-OES agar diperoleh data yang lebih akurat;
6. Dilakukan analisis FTIR dan NMR terhadap DES dan filtrat hasil pelindian untuk mengevaluasi perubahan interaksi yang terjadi setelah pelindian;
7. Dilakukan analisis XRD terhadap residu hasil pelindian untuk mengevaluasi komposisi fasa residu yang terbentuk setelah pelindian; dan
8. Dilakukan eksplorasi komponen DES yang lain, seperti menggunakan variasi HBD lain, menambahkan sejumlah fraksi air, atau menambahkan senyawa lain yang terbukti dapat meningkatkan performa pelindian.