

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIMER DES BERBASIS KOLIN  
KLORIDA UNTUK PELINDIAN LOGAM PERAK DARI LIMBAH PCB**

**SKRIPSI**

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains Program Studi Kimia



oleh

Fandsya Nada Cinta

2007938

**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2024**

**LEMBAR HAK CIPTA****SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIMER DES BERBASIS KOLIN  
KLORIDA UNTUK PELINDIAN LOGAM PERAK DARI LIMBAH PCB**

oleh  
Fandsya Nada Cinta  
2007938

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

© Fandsya Nada Cinta  
Universitas Pendidikan Indonesia  
17 Agustus 2024

Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa seizin penulis.

**LEMBAR PENGESAHAN**

**FANDSYA NADA CINTA**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIMER DES BERBASIS KOLIN  
KLORIDA UNTUK PELINDIAN LOGAM PERAK DARI LIMBAH PCB**

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Dr. Soja Siti Fatimah, M.Si.

NIP. 196802161994022001

Pembimbing II



Abraham Mora, M.Si.

NIP. 199306072020121006

mengetahui,

Ketua Program Studi Kimia



Prof. Fitri Khoerunnisa, Ph.D.

NIP. 197806282001122001

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Polimer DES Berbasis Kolin Klorida untuk Pelindian Logam Perak dari Limbah PCB” beserta seluruh isinya ialah sepenuhnya karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko apabila ditemukan adanya pelanggaran di kemudian hari terhadap keaslian karya saya.

Bandung, 17 Juni 2024  
Yang membuat pernyataan,



Fansya Nada Cinta

NIM 2007938

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas seluruh curahan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Polimer DES Berbasis Kolin Klorida untuk Pelindian Logam Perak dari Limbah PCB”. Skripsi ini ditulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Skripsi ini diharapkan mampu menambah pengetahuan dan pemahaman pembaca terhadap kinerja PDES untuk pelindian logam perak dari limbah *printed circuit board* (PCB).

Penulis sadar bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan. Penulis juga berharap skripsi ini dapat bermanfaat terkhusus dalam pengembangan sains. Oleh karena itu, penulis memohon maaf serta sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang bersifat membangun untuk dijadikan perbaikan di kemudian hari.

Bandung, 17 Juni 2024



Fansya Nada Cinta

## UCAPAN TERIMA KASIH

Selama proses studi dan penulisan skripsi ini, penulis menyadari banyak memperoleh bantuan, dukungan, arahan, serta doa dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih yang tak terhingga kepada:

1. Allah SWT atas rahmat dan hidayahnya yang diberikan kepada penulis sehingga proses penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.
2. Kedua orang tua penulis Ayahanda Evinaidi dan Ibunda Feraliyana tercinta yang telah menjadi orang tua yang luar biasa bagi penulis, terimakasih telah memberikan banyak waktu, tenaga, materi, dukungan serta kasih sayang yang luar biasa kepada penulis sejak kecil hingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini;
3. Ibu Dr. Soja Siti Fatimah, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Abraham Mora, M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang selalu motivasi, doa, dan memberikan arahan dengan penuh kesabaran dalam membimbing penulis;
4. Bapak Dr. Budiman Anwar, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjalani perkuliahan di Program Studi Kimia FMIPA UPI;
5. Ibu Dr. Fitri Khoerunnisa, M.Si. selaku ketua Program Studi Kimia FPMIPA UPI;
6. Para Dosen, laboran, dan staff Departemen Pendidikan Kimia UPI yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis selama menjalankan masa perkuliahan;
7. Nisa, Naya, Naca, dan Nazhan selaku adik-adik penulis yang selalu memberikan support kepada penulis;
8. Anggara selaku *support system* yang selalu ada dan menjadi tempat untuk mencurahkan ide hingga keluh kesah penulis, terimakasih atas segala nasehat dan dukungan dalam proses penulisan skripsi ini;

9. Hasya dan Amanda selaku teman yang selalu ada dan memberikan dukungan sejak penulis menjadi mahasiswa baru hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih telah berbagi tawa serta kisah yang tidak akan penulis lupakan;
10. Jaaka dan Baariq yang telah menjadi partner riset yang selalu siap membantu dan memberikan saran selama penulis mengerjakan skripsi ini;
11. Tiara Aisha selaku teman terdekat penulis yang telah menjadi tempat berbagi selama 8 tahun ini, terimakasih selalu ada di setiap proses yang penulis lalui;
12. Keluarga besar penulis serta rekan-rekan seperjuangan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan doa, dukungan, dan motivasi kepada penulis hingga skripsi ini selesai.

Bandung, 17 Juni 2024



Fansya Nada Cinta

## ABSTRAK

Limbah peralatan elektronik yang mengandung logam bernilai terus meningkat seiring pesatnya perkembangan industri elektronik. Langkah yang dapat dilakukan saat ini adalah melakukan pelindian logam dari *Printed Circuit Board* (PCB) menggunakan pelarut eutektik ramah lingkungan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk melakukan sintesis dan karakterisasi pelarut eutektik berbasis kolin klorida-polietilen glikol (PDES) dan kolin klorida-etilen glikol (DES) untuk pelindian logam perak dari limbah PCB. Metode yang digunakan meliputi sintesis pelarut dengan optimasi rasio mol kolin klorida:PEG dan EG, serta uji sifat fisik dan karakterisasi menggunakan FTIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PDES berhasil disintesis dengan rasio mol 1:9 dan DES dengan rasio mol 1:2. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa PDES memiliki pH 6 dan densitas 1,1765 g/mL, sedangkan DES memiliki pH 5 dan densitas 1,315 g/mL. FTIR mengindikasikan adanya pergeseran puncak spektrum, yang menunjukkan terbentuknya ikatan hidrogen sebagai interaksi antarmolekul baru. Pelindian logam perak dari limbah PCB menggunakan PDES 1:9 menghasilkan 26,00% pelindian, sedangkan DES 1:2 menghasilkan 70,69%. Temuan ini menunjukkan potensi PDES dan DES sebagai alternatif untuk pelindian logam perak dari limbah PCB.

**Kata kunci:** kolin klorida, logam perak, PDES, pelindian, polietilen glikol, *printed circuit board*



## ABSTRACT

*Waste electronic equipment containing valuable metals continues to increase with the rapid development of the electronics industry. The current step is to leach metals from Printed Circuit Board (PCB) using environmentally friendly eutectic solvents. The purpose of this study is to synthesize and characterize choline chloride-polyethylene glycol (PDES) and choline chloride-ethylene glycol (DES) based eutectic solvents for leaching silver metal from PCB waste. The methods used include solvent synthesis by optimizing the mole ratio of choline chloride: PEG and EG, as well as physical properties testing and characterization using FTIR. The results showed that PDES was successfully synthesized with a mole ratio of 1:9 and DES with a mole ratio of 1:2. Characterization results showed that PDES has pH 6 and density 1.1765 g/mL, while DES has pH 5 and density 1.315 g/mL. FTIR indicated a shift in the peak of the spectrum, indicating the formation of hydrogen bonds as new intermolecular interactions. Silver metal leaching from PCB waste using PDES 1:9 resulted in 26.00%, while DES 1:2 resulted in 70.69%. These findings demonstrate the potential of PDES and DES as alternatives for leaching silver metal from waste PCB.*

**Keywords:** *choline chloride, leaching, PDES, polyethylene glycol, printed circuit board, silver*

## DAFTAR ISI

|   |             |
|---|-------------|
| <b>LEMBAR HAK CIPTA .....</b>                                       | <b>ii</b>   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>                                      | <b>iii</b>  |
| <b>PERNYATAAN .....</b>   | <b>iv</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>   | <b>v</b>    |
| <b>UCAPAN TERIMA KASIH.....</b>                                     | <b>vi</b>   |
| <b>ABSTRAK.....</b>   | <b>viii</b> |
| <b>ABSTRACT .....</b>   | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>  | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>  | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>   | <b>xiv</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>  | <b>xv</b>   |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                                      | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang.....   | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah.....  | 3           |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....   | 3           |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....  | 3           |
| 1.5 Stuktur Organisasi Skripsi .....                                | 4           |
| <b>BAB II KAJIAN PUSTAKA.....</b>                                   | <b>5</b>    |
| 2.1 Limbah Printed Circuit Boards (PCB).....                        | 5           |
| 2.2 Pelindian Perak .....   | 5           |
| 2.3 Deep Eutektik Solvent (DES).....                                | 6           |
| 2.4 DES ChCl-Kolin Klorida.....                                     | 8           |
| 2.5 Polietilen Glikol (PEG) .....                                   | 9           |
| 2.6 Alat Instrumen untuk Karakterisasi .....                        | 10          |
| 2.6.1 <i>Fourier Transformed Infrared Spectroscopy (FTIR)</i> ..... | 10          |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.6.2 X-Ray Fluorescence (XRF) .....                    | 10        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>                   | <b>11</b> |
| 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....                   | 11        |
| 3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....                      | 11        |
| 3.2.1 Alat.....   | 11        |
| 3.2.2 Bahan .....                                       | 11        |
| 3.3 Tahapan Penelitian.....                             | 11        |
| 3.4 Prosedur Penelitian .....                           | 12        |
| 3.4.1 Preparasi Limbah PCB .....                        | 12        |
| 3.4.2 Sintesis Polimer DES.....                         | 13        |
| 3.4.3 Pengujian pH, densitas, dan kestabilan DES.....   | 13        |
| 3.4.4 Karakterisasi PDES pra-pelindian dengan FTIR..... | 13        |
| 3.4.5 Pelindian Logam dalam Sampel PCB.....             | 13        |
| <b>BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN.....</b>                | <b>14</b> |
| 4.1 Preparasi Limbah PCB .....                          | 14        |
| 4.2 Sintesis Polimer DES.....                           | 14        |
| 4.2 Sintesis DES .....                                  | 15        |
| 4.3 Karakterisasi PDES dan DES .....                    | 16        |
| 4.3.1 FTIR Polimer DES .....                            | 17        |
| 4.3.2 FTIR DES .....                                    | 18        |
| 4.4 Pelindian Ag dengan Polimer DES dan DES .....       | 19        |
| <b>BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI.....</b>  | <b>22</b> |
| 5.1 Simpulan.....                                       | 22        |
| 5.2 Implikasi dan Rekomendasi.....                      | 22        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                             | <b>23</b> |

**LAMPIRAN ..... 26**

**DAFTAR TABEL**

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabel 4.1</b> Persentase logam pada sampel PCB.....                     | 14 |
| <b>Tabel 4. 2</b> Pengukuran Densitas PDES .....                           | 16 |
| <b>Tabel 4. 3</b> Uji Keasaman PDES .....                                  | 16 |
| <b>Tabel 4. 4</b> Identifikasi gugus fungsi terhadap serapan IR PDES ..... | 18 |
| <b>Tabel 4. 5</b> Identifikasi gugus fungsi terhadap serapan IR DES.....   | 19 |

**DAFTAR GAMBAR**

|   |    |
|---|----|
| <b>Gambar 2.1</b> Sistem eutektik pada diagram fasa padat-cair campuran HBA dan HBD .....   | 7  |
| <b>Gambar 2.2</b> HBA dan HBD yang umum digunakan dalam sintesis DES....  | 8  |
| <b>Gambar 2.3</b> Struktur kimia Kolin Klordia .....  | 8  |
| <b>Gambar 2.4</b> Interaksi DES kolin klorida-etilen glikol .....   | 9  |
| <b>Gambar 2.5</b> Rumus dan Struktur kimia PEG .....  | 9  |
| <b>Gambar 3.1</b> Diagram alir penelitian PDES berbasis kolin klorida dalam aplikasinya terhadap pelindian logam perak dari WPCB..... | 12 |
| <b>Gambar 4. 1</b> Struktur molekul PDES .....  | 15 |
| <b>Gambar 4. 2</b> Spektrum FTIR PDES .....   | 17 |
| <b>Gambar 4. 3</b> Spektrum FTIR DES .....  | 18 |
| <b>Gambar 4. 4</b> Persentase Hasil Pelindian PDES dan DES .....  | 20 |
| <b>Gambar 4. 5</b> Interaksi yang dimungkinkan terjadi pada PDES .....  | 21 |
| <b>Gambar 4. 6</b> Interaksi yang dimungkinkan terjadi pada DES.....  | 21 |

**DAFTAR LAMPIRAN**

|  |    |
|--|----|
| <b>Lampiran 1.</b> Spektrum FTIR Kolin Klorida .....                       | 26 |
| <b>Lampiran 2.</b> Spektrum FTIR Polietilen Glikol .....                   | 27 |
| <b>Lampiran 3.</b> Spektrum FTIR Etilen Glikol.....                        | 28 |
| <b>Lampiran 4.</b> Spektrum FTIR PDES ChCl:Polietilen Glikol.....          | 29 |
| <b>Lampiran 5.</b> Spektrum FTIR DES ChCl:Etilen Glikol.....               | 30 |
| <b>Lampiran 6.</b> Karakterisasi Sampel PCB sebelum pelindian dengan XRF . | 31 |
| <b>Lampiran 7.</b> Karakterisasi Residu Hasil Pelindian dengan XRF .....   | 32 |
| <b>Lampiran 8.</b> Perhitungan Persentase Pelindian Perak dari PCB.....    | 33 |
| <b>Lampiran 9.</b> Dokumentasi.....  | 35 |

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, A. P., Capper, G., Davies, D. L., McKenzie, K. J., & Obi, S. U. (2006). Solubility of metal oxides in deep eutectic solvents based on choline chloride. *Journal of Chemical and Engineering Data*. <https://doi.org/10.1021/je060038c>
- Aziz, A. A. (2023). *Pungut Ulang Logam Perak dari Limbah Printed Circuit Board menggunakan Pelarut Eutektik Biner dan Terner*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Binnemans, K., & Jones, P. T. (2017). Solvometallurgy: An Emerging Branch of Extractive Metallurgy. *Journal of Sustainable Metallurgy*, 3(3), 570–600. <https://doi.org/10.1007/s40831-017-0128-2>
- Che, J. C. (2008). *Characterization of Surfaces and Nanostructures Academic and Industrial Applications Characterization of Solid Materials and Heterogeneous Catalysts From Structure to Surface Reactivity Characterization Techniques for Polymer Nanocomposites Basic Concepts*.
- D'souza, A. A., & Shegokar, R. (2016). Polyethylene glycol (PEG): a versatile polymer for pharmaceutical applications. *Expert Opinion on Drug Delivery*, 13(9), 1257–1275. <https://doi.org/10.1080/17425247.2016.1182485>
- Ekpunobi, U. (2013). Deposition and Characterization of Silver Oxide from Silver Solution Recovered from Industrial Wastes. *American Chemical Science Journal*. <https://doi.org/10.9734/acsj/2013/3214>
- Elia, S. (2023). *Pengaruh Perbedaan Gugus Fungsi Donor Ikatan Hidrogen Terhadap Sintesis Pelarut Eutektik dan Pelindian Perak dari Limbah Printed Circuit Board* [Universitas Pendidikan Indonesia]. <http://repository.upi.edu/id/eprint/108338>
- García, G., Aparicio, S., Ullah, R. and, & Atilhan, M. (2015). No Title. *Deep Eutectic Solvents: Physicochemical Properties and Gas Separation Applications*, 29, 2616–2644.
- Hao, J., Wang, Y., Wu, Y., & Guo, F. (2020). Metal recovery from waste printed circuit boards: A review for current status and perspectives. *Resources, Conservation and Recycling*, 157(July 2019), 104787.



<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104787>

- Harris JM, C. R. (2003). *Effect of pegylation on pharmaceuticals*. *Nat Rev Drug Discovery*.
- Kumari, A., Singh, R. P., Jha, M. K., & Kumar, V. (2013). Extraction of copper from small electronic devices populated on discarded PCBs. *Journal of the Indian Chemical Society*.
- Lanzano, T., Bertram, M., De Palo, M., Wagner, C., Zyla, K., & Graedel, T. E. (2006). The contemporary European silver cycle. *Resources, Conservation and Recycling*. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2005.06.003>
- Mehmood, T., Rasool, G., Gaurav, G., Mustafa, B., Abid, M., Bibi, S., Farooq, U., Shah, K., Ali, S., Tufail, M., & Sohaib, M. (2022). *Cautious use of existing hazardous waste management data* (pp. 323–346). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824344-2.00019-7>
- Nahar, Y., & Thickett, S. (2021). Greener, Faster, Stronger: The Benefits of Deep Eutectic Solvents in Polymer and Materials Science. *Polymers*, *13*, 447. <https://doi.org/10.3390/polym13030447>
- Ning, C., Lin, C. S. K., Hui, D. C. W., & McKay, G. (2017). Waste Printed Circuit Board (PCB) Recycling Techniques. *Topics in Current Chemistry*, *375*(2), 21–56. <https://doi.org/10.1007/s41061-017-0118-7>
- Norvisari, M. (2008). *PENGARUH KOMBINASI BASIS POLIETILENGLIKOL 400 DAN POLIETILENGLIKOL 6000 TERHADAP SIFAT FISIK DAN PELEPASAN ASAM MEFENAMAT PADA SEDIAAN SUPOSITORIA* Oleh : MERY NORVISARI FAKULTAS FARMASI.
- Pateli, I. M., Abbott, A. P., Binnemans, K., & Rodriguez, N. R. (2020). *Recovery of yttrium and europium from spent fluorescent lamps using pure levulinic acid and the deep eutectic solvent levulinic acid–choline chloride*. *10*(48), 28879–28890.
- Peeters, N., Binnemans, K., & Riaño, S. (2020). Solvometallurgical recovery of cobalt from lithium-ion battery cathode materials using deep-eutectic solvents. *Green Chemistry*, *22*(13), 4210–4221. <https://doi.org/10.1039/d0gc00940g>
- Perkins, D. N., Brune Drisse, M. N., Nxele, T., & Sly, P. D. (2014). E-waste: A global hazard. *Annals of Global Health*, *80*(4), 286–295.

<https://doi.org/10.1016/j.aogh.2014.10.001>

- Rao, M. D., Singh, K. K., Morrison, C. A., & Love, J. B. (2021). Recycling copper and gold from e-waste by a two-stage leaching and solvent extraction process. *Separation and Purification Technology*, 263, 118400. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.118400>
- Rautela, R., Arya, S., Vishwakarma, S., Lee, J., Kim, K. H., & Kumar, S. (2021). E-waste management and its effects on the environment and human health. *Science of the Total Environment*, 773, 145623. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145623>
- Riveiro, E., González, B., & Domínguez, Á. (2020). Extraction of adipic, levulinic and succinic acids from water using TOPO-based deep eutectic solvents. *Separation and Purification Technology*, 241, 116692. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116692>
- Schluep, M., Hagelüken, C., Kuehr, R., Magalini, F., Maurer, C., Meskers, C., Thiébaud (-Müller), E., & Wang, F. (2009). *Recycling - from e-waste to resources*.
- Smith, E. L., Abbott, A. P., & Ryder, K. S. (2014). Deep Eutectic Solvents (DESs) and Their Applications. *Chemical Reviews*, 114(21), 11060–11082. <https://doi.org/10.1021/cr300162p>
- Vats, M. C., & Singh, S. K. (2015). No Title. *Assessment of Gold and Silver in Assorted Mobile Phone Printed Circuit Boards (PCBs)*. *Waste Management*, 45, 28–288.
- Wulan Sari, N., & Fajri, M. (2018). Analisis Fitokimia dan Gugus Fungsi dari Ekstrak Etanol Pisang Goroho Merah (*Musa Acuminata* (L)). *IJOB (Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity)*, 2(1), 30.
- Zhu, W., & Zheng, X. (2022). Biodegradable Lubricant with High-Temperature and Ionic-Contamination Resistance: Deep Eutectic Solvent ChCl-PEG. *ACS Omega*, 7(43), 38380–38388. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c03227>