

**STUDI PEMBENTUKAN CAIRAN IONIK EUTEKTIK BERBASIS  
BETAIN-ASAM CIS-OLEAT DAN PENGGUNAAN NYA SEBAGAI  
PELINDI PADA PROSES PUNGUT ULANG LOGAM TANAH JARANG  
DARI *RED MUD***

**TESIS**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister Sains pada

Program Studi Magister Kimia



Diajukan oleh:

Mia Widyarningsih

2105473

**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
BANDUNG  
2023**

**STUDI PEMBENTUKAN CAIRAN IONIK EUTEKTIK BERBASIS  
BETAIN–ASAM CIS-OLEAT DAN PENGGUNAAN NYA SEBAGAI  
PELINDI PADA PROSES PUNGUT ULANG LOGAM TANAH JARANG  
DARI *RED MUD***

Oleh

Mia Widyaningsih

S.Si. Universitas Jenderal Achmad Yani 2020

Sebuah Tesis yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Sains (M.Si.) pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu  
Pengetahuan Alam, Program Studi Magister Kimia

© Mia Widyaningsih

Universitas Pendidikan Indonesia

September 2023

Hak Cipta dilindungi undang-undang.  
Tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,  
Dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

**Mia Widyaningsih, 2023**

**STUDI PEMBENTUKAN CAIRAN IONIK EUTEKTIK BERBASIS BETAIN–ASAM CIS-  
OLEAT DAN PENGGUNAAN NYA SEBAGAI PELINDI PADA PROSES PUNGUT  
ULANG LOGAM TANAH JARANG DARI *RED MUD***

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

**HALAMAN PENGESAHAN**

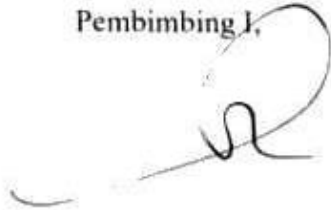
TESIS

MIA WIDYANINGSIH  
(2105473)

**STUDI PEMBENTUKAN CAIRAN IONIK EUTEKTIK BERBASIS BETAIN-  
ASAM CIS-OLEAT DAN PENGGUNAAN NYA SEBAGAI PELINDI PADA  
PROSES PUNGUT ULANG LOGAM TANAH JARANG DARI RED MUD**

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I,



**Dr. rer. nat. Ahmad Mudzakir, M.Si.**  
NIP. 196611211991031002

Pembimbing II,



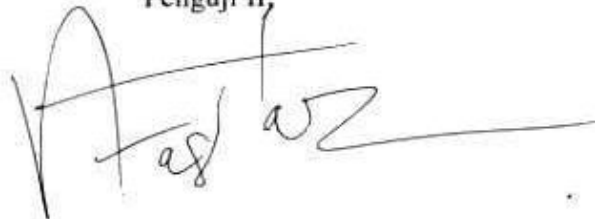
**Prof. Fitri Khoerunnisa, M.Si., Ph.D.**  
NIP. 197806282001122001

Penguji I,



**Dr. Soja Siti Fatimah, M.Si**  
NIP. 196802161994022001

Penguji II,



**Prof. Dr. Eng. Asep Bayu D.N, M.Eng.**  
NIP. 198309192012121000

Mengetahui:

Ketua Program Studi,



**Prof. Fitri Khoerunnisa, M.Si., Ph.D.**  
NIP. 197806282001122001

Mia Widyaningsih, 2023

**STUDI PEMBENTUKAN CAIRAN IONIK EUTEKTIK BERBASIS BETAIN-ASAM CIS-  
OLEAT DAN PENGGUNAAN NYA SEBAGAI PELINDI PADA PROSES PUNGUT  
ULANG LOGAM TANAH JARANG DARI RED MUD**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tesis saya yang berjudul “Studi Pembentukan Cairan Ionik Eutektik Berbasis Betain–Asam Cis-Oleat dan Penggunaannya Sebagai Pelindi Pada Proses Pungut Ulang Logam Tanah Jarang dari *Red Mud*” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menerima risiko atau sanksi apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya.

Bandung, Agustus 2023

Yang Membuat Pernyataan



Mia Widyaningsih

## KATA PENGANTAR

*Bismillaahirrahmanirrahim,*

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT sebab atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul “Studi Pembentukan Cairan Ionik Eutektik Berbasis Betain–Asam Cis-Oleat dan Penggunaannya Sebagai Pelindi Pada Proses Pungut Ulang Logam Tanah Jarang dari *Red Mud*”, sebagai salah satu syarat untuk memenuhi tercapainya gelar magister sains pada Program Magister (S2) Jurusan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis berharap tesis ini dapat memberikan wawasan dan bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak khususnya dalam bidang kimia. Penulis menyadari bahwa dalam tesis ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh sebab itu, penulis masih membutuhkan kritik dan saran dari semua pihak yang sifatnya membangun untuk perbaikan dan penyempurnaannya.

Bandung, Agustus 2023

Penulis,



Mia Widyarningsih

Mia Widyarningsih, 2023

**STUDI PEMBENTUKAN CAIRAN IONIK EUTEKTIK BERBASIS BETAIN–ASAM CIS-OLEAT DAN PENGGUNAAN NYA SEBAGAI PELINDI PADA PROSES PUNGUT ULANG LOGAM TANAH JARANG DARI RED MUD**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penyusunan tesis ini tidak terlepas dari dorongan dan bantuan berbagai pihak. Penulis banyak menerima bimbingan, petunjuk, bantuan dan dorongan dari banyak pihak baik bersifat moral maupun material. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis diberikan kelancaran dalam penyusunan tesis.
2. Bapak Dr. rer. nat. H. Ahmad Mudzakir, M.Si. selaku dosen pembimbing tesis I dan Ibu Prof. Fitri Khoerunnisa, M.Si., Ph.D. selaku dosen pembimbing tesis II sekaligus Ketua Program Studi Kimia yang telah memberikan saran, bimbingan arahan, perizinan dan dukungan selama penulisan tesis.
3. Bapak Dr. Hendrawan, M.Si. selaku dosen pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan, izin dan dukungan kepada penulis selama penyusunan tesis.
4. Bapak dan Ibu dosen, laboran, dan staf di program studi Kimia FPMIPA UPI yang telah memberikan ilmu, kesempatan dan bantuan selama penulis menuntut ilmu dan proses penyelesaian tesis ini.
5. Kedua orang tua tercinta penulis, Bapak A. Matin, S.Pd., M.Si dan Ibu Rohijah atas segala doa, nasihat, dukungan, motivasi, jasa-jasa pengorbanan, dan kasih sayang yang tulus, teruntuk Kakak M. Firman Alfahad, S.Pd., M.Pd. Teteh Winni Aryuni, S.Pd., M.Pd. Serta Adik penulis M. Fauzul Adim Alfahad yang telah memberikan doa, dukungan dan semangat kepada penulis selama proses perkuliahan dan proses penyelesaian tesis ini.
6. Sakhiyyah Afifah, Karina Mulya Rizky, Rauza Tinur, Reza Angga, Hari Agung, Fikri, Supriyanto, Risti Ragadhita, Humairoh Ansar Tohe dan Lilis Sumiyati selaku teman seperjuangan yang telah saling memberikan semangat, motivasi dan dukungan selama perkuliahan dan penulisan tesis.
7. Rekan tim penelitian EILs Hanif Nur, Yohanes, Lewi, Tabita, Egan, Fauzan, Pak Banu, Pak Lukman, Bu Nisya, Bu Langitasari yang berjuang bersama dan saling membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian di laboratorium.

**Mia Widyaningsih, 2023**

**STUDI PEMBENTUKAN CAIRAN IONIK EUTEKTIK BERBASIS BETAIN-ASAM CIS-OLEAT DAN PENGGUNAAN NYA SEBAGAI PELINDI PADA PROSES PUNGUT ULANG LOGAM TANAH JARANG DARI RED MUD**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

8. Agus Irfan, Maulida Arum Anjani, Ninda Falah, Dian Neni, Realita, Hesya Aryanti, Nida Aulia, Ratna Wita, Isro Widyaningsih, Hesa Putri, Riska Aprilia selaku teman–teman terdekat yang selalu memberikan semangat, dukungan dan doa selama penulis menyelesaikan tesis.
9. Seluruh rekan mahasiswa magister Kimia yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis selama proses studi dan penyelesaian tesis.
10. Seluruh rekan, keluarga besar dan seluruh pihak yang terlibat dalam penulisan tesis ini hingga dapat terselesaikan.

Oleh sebab itu semoga segala kebaikan yang diberikan kepada penulis dapat dibalas oleh Allah SWT dengan pahala dan kabikan yang berlipat, serta penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan, serta penulis sangat mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan tesis ini. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan bagi penelitian dimasa yang akan datang Aamiin.

Bandung, Agustus 2023

Penulis,



Mia Widyaningsih

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *Eutectic Ionic Liquids* (EILs) ramah lingkungan yang menunjukkan kinerja sangat baik dalam pemulihan *Rare Earth Elements* (REE) dari *red mud*. EILs disintesis melalui metode solvometalurgi dengan mencampurkan betain (HBA) dengan senyawa organik asam cis-oleat (HBD) pada perbandingan rasio molar 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, dan 1:7. Komposisi EILs yang disintesis dikarakterisasi menggunakan FTIR dan sifat termalnya dianalisis menggunakan DSC. Komposisi optimal EILs asam betain-cis-oleat ditentukan berdasarkan data DSC, penampilan (tidak berwarna), homogenitas, dan tidak adanya aroma. Sifat kelarutan juga diuji, sebelum digunakan dalam proses pencucian dan ekstraksi *red mud*. Hasil FTIR menunjukkan bahwa puncak khas betain, asam cis-oleat, dan pergeseran spektrum EILs betain-cis-oleat, disebabkan oleh ikatan hidrogen yang terbentuk di antara gugus hidroksil. Uji DSC mengungkapkan bahwa reaksi eksotermik, yang menghasilkan titik beku terendah ditemukan pada rasio 1:4. Uji kelarutan menunjukkan bahwa metanol dapat efektif melarutkan EILs secara homogen. Selanjutnya, kinerja EILs dalam pelindian REE dari *red mud*, ditunjukkan oleh analisis XRF bahwa persentase pemulihan optimal dari elemen Sc, Ce, Eu, Er, dan Y pada kondisi rasio *liquids* (mL)/*solid* (g) (L/S) sebesar 20/1, suhu 80°C, dan durasi 48 jam. Karakterisasi XRD mengidentifikasi berbagai senyawa dan mineral yang ada dalam *red mud*. Karakterisasi SEM-EDX menunjukkan morfologi permukaan dan distribusi yang merata dari perolehan REE pada *red mud*. Karakterisasi FTIR pada *liquids* sebelum dan setelah pelindian, menghasilkan intensitas puncak yang lebih tinggi setelah pelindian dibandingkan dengan sebelum pelindian.

**Kata Kunci:** Asam Cis-Oleat, Betain, *Eutectic Ionic Liquids* (EILs), Pelindian, *Red mud*, *Rare Earth Elements* (REEs).



## ABSTRACT

*This study aims to develop environmentally friendly Eutectic Ionic Liquids (EILs) that show excellent performance in the recovery of Rare Earth Elements (REE) from red mud. EILs were synthesized via solvometallurgical method by mixing betaine (HBA) with organic compound cis-oleic acid (HBD) at molar ratio of 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, and 1:7. The composition of the synthesized EILs was characterized using FTIR and their thermal properties were analyzed using DSC. The optimal composition of betaine-cis-oleic acid EILs determined based on DSC data, appearance (colorless), homogeneity, and absence of aroma. Solubility properties were also tested, before being used in the red mud washing and extraction process. FTIR results showed that typical peaks of betaine, cis-Oleic acid, and betaine-cis-oleic EILs spectra shift, which is due to hydrogen bonds formed between hydroxyl groups. DSC tests revealed that the reaction was exothermic, resulting in the lowest freezing point found at a 1:4 ratio. Solubility tests showed that methanol can effectively dissolve EILs homogeneously. Furthermore, the performance of EILs in leaching REEs from red mud, indicated by XRF analysis that the optimum recovery percentage of Sc, Ce, Eu, Er, and Y elements under the condition of liquids (mL)/solids (g) ratio (L/S) of 20/1, temperature of 80°C, and duration of 48 hours. XRD characterization identified various compounds and minerals present in the red mud. SEM-EDX characterization showed the surface morphology and even distribution of REE recovery in the red mud. FTIR characterization of the liquids before and after leaching, resulted in higher peak intensities after leaching compared to before leaching.*

**Keywords:** *Betaine, Cis-Oleic Acid, Eutectic Ionic Liquids (EILs), Leaching, Red mud, Rare Earth Elements (REEs).*

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN HAK CIPTA .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
UCAPAN TERIMAKASIH.....	vi
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Logam Tanah Jarang.....	6
2.2 <i>Red mud</i> .....	8
2.3 Metode Solvometalurgi.....	10
2.4 <i>Ionic Liquids</i> (ILs).....	10
2.5 <i>Eutectic-based Ionic Liquids</i> (EILs).....	12
2.6 EILs Berbasis Betain dan Asam Lemak Oleat.....	15
2.6.1. Betain sebagai Akseptor Ikatan Hidrogen .....	15
2.6.2. Asam cis-oleat sebagai Donor Ikatan Hidrogen .....	16
2.7 Karakterisasi EILs.....	17
2.7.1. <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR).....	17
2.7.2. <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC).....	19
2.7.3. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	21
2.7.4. <i>X-Ray fluorescence</i> (XRF).....	23
2.7.5. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) dan <i>Energy Dispersive X-Ray</i> (EDX) .....	25
2.8 Hipotesis Penelitian .....	26

Mia Widyaningsih, 2023

**STUDI PEMBENTUKAN CAIRAN IONIK EUTEKTIK BERBASIS BETAIN-ASAM CIS-OLEAT DAN PENGGUNAAN NYA SEBAGAI PELINDI PADA PROSES PUNGUT ULANG LOGAM TANAH JARANG DARI RED MUD**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	27
3.2 Alat dan Bahan.....	27
3.2.1. Alat yang digunakan.....	27
3.2.2. Bahan yang digunakan.....	27
3.3 Tahap Penelitian.....	27
3.3.1. Preparasi Sampel <i>Red Mud</i> .....	29
3.3.2. Sintesis EILs Betain-Asam cis-oleat.....	29
3.3.3. Karakterisasi Sampel <i>Red Mud</i> .....	30
3.3.4. Karakterisasi EILs Betain-Asam Cis-Oleat .....	30
3.3.5. Uji Fisikokimia EILs Betain-Asam Cis-Oleat .....	30
3.3.6. Uji Kelarutan EILs Betain-Asam Cis-Oleat Terpilih .....	30
3.3.7. Preparasi Sampel untuk Uji Kinerja .....	30
3.3.8. Uji Kinerja EILs sebagai Pelindi .....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	32
4.1 Proses Sintesis EILs .....	32
4.2 Analisis Struktur EILs Menggunakan FTIR .....	33
4.3 Analisis sifat termal EILs menggunakan DSC .....	36
4.4 Analisis Uji Kelarutan EILs.....	39
4.5 Hasil Analisis <i>Red Mud</i> Sebelum dan Setelah Pelindian.....	41
4.5.1. Efisiensi Pelindian EILs terhadap <i>Red Mud</i> dengan Analisis XRF.....	41
4.5.2. Analisis <i>Red Mud</i> terhadap Pelindian EILs dengan XRD .....	46
4.5.3. Analisis <i>Red Mud</i> Terhadap Pelindian EILs dengan SEM-EDX .....	49
4.5.4. Analisis Pelindian EILs Terhadap <i>Red Mud</i> dengan FTIR .....	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1 KESIMPULAN.....	55
5.2 SARAN .....	55
DAFTAR PUSTAKA .....	57
LAMPIRAN .....	68

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> (a) Foto Area Pembuangan <i>red mud</i> dan (b) <i>Red mud</i> setelah kering (Abedini <i>et al.</i> , 2020). .....	9
<b>Gambar 2.2</b> Struktur kation umum ILs (Okamura <i>et al.</i> , 2021). .....	11
<b>Gambar 2.3</b> Struktur anion umum ILs (Okamura <i>et al.</i> , 2021). .....	11
<b>Gambar 2.4</b> Sistem eutektik pada diagram fasa padat-cair campuran biner HBA dan HBD (Husraini <i>et al.</i> , 2020) .....	15
<b>Gambar 2.5</b> Struktur Kimia Betain.....	15
<b>Gambar 2.6</b> Struktur Kimia Asam Cis-oleat .....	16
<b>Gambar 2.7</b> FILs Berbasis Minyak Nabati untuk Pungut Ulang REE (Li <i>et al.</i> , 2020). .....	17
<b>Gambar 2.8</b> Prinsip Kerja Spektroskopi Inframerah (Undavalli <i>et al.</i> , 2021).....	19
<b>Gambar 2.9</b> Skema Dasar dalam Pengukuran Menggunakan DSC (Su <i>et al.</i> , 2021) .....	20
<b>Gambar 2.10</b> Ilustrasi Prinsip Dasar XRD (Siti <i>et al.</i> , 2022). .....	21
<b>Gambar 2.11</b> Prinsip dasar Instrumen XRF (Feng <i>et al.</i> , 2021).....	24
<b>Gambar 2.12</b> Prinsip kerja SEM-EDX (Schmidt <i>et al.</i> , 2019) .....	25
<b>Gambar 3.1</b> Bagan Alir Penelitian.....	29
<b>Gambar 4. 1</b> Fotograf EILs betain-asam cis-oleat hasil sintesis dengan rasio molar 1:1 (A), 1:2 (B), 1:3 (C), 1:4 (D), 1:5 (E), 1:6 (F), dan 1:7 (G) .....	32
<b>Gambar 4.2</b> Spektra FTIR Betain (a), Asam Cis-Oleat (b), EILs Betain-Asam Cis-Oleat 1:3 (c), 1:4 (d), 1:5 (e), 1:6 (f), dan 1:7 (g).....	34
<b>Gambar 4.3</b> Termogram DSC EILs betain–asam cis-oleat rasio molar 1:3 (a), 1:4 (b), 1:5 (c), 1:6 (d), dan 1:7 (e) .....	36
<b>Gambar 4.4</b> Diagram fasa eutektik temperatur terhadap komposisi EILs betain–asam cis-oleat pada rasio molar 1:3-1:7.....	39
<b>Gambar 4.5</b> Kelarutan, EILs dalam pelarut <i>Diethyl ether</i> (1), <i>Acetonitrile</i> (2), <i>Aquabidest</i> (3), <i>Ethanol</i> (4), dan <i>Methanol</i> (5) pada perbandingan volume 1:1....	39
<b>Gambar 4.6</b> <i>Recovery</i> REEs Sc (a), Ce (b), Eu (c), Y (d), dan Er (e) pada <i>Red Mud</i> setelah pelindian oleh EILs betain–asam cis-oleat rasio molar 1:4 pada variasi L/S .....	43

Mia Widyaningsih, 2023

STUDI PEMBENTUKAN CAIRAN IONIK EUTEKTIK BERBASIS BETAIN–ASAM CIS-OLEAT DAN PENGGUNAAN NYA SEBAGAI PELINDI PADA PROSES PUNGUT ULANG LOGAM TANAH JARANG DARI RED MUD

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

<b>Gambar 4.7</b> Recovery REEs Sc (a), Eu (b), Ce (c), Er (d), dan Y (e) pada <i>Red Mud</i> setelah pelindian oleh EILs betain–asam cis-oleat rasio molar 1:4 pada variasi suhu .....	44
<b>Gambar 4.8</b> Recovery REEs Sc (a), Eu (b), Ce (c), Er (d) dan Y (e) pada <i>Red Mud</i> setelah pelindian oleh EILs betain–asam cis-oleat rasio molar 1:4 pada variasi waktu .....	45
<b>Gambar 4.9</b> Difraktogram X-ray <i>red mud</i> sebelum (a) dan setelah (b) Pelindian oleh EILs betain-asam cis-oleat .....	47
<b>Gambar 4.10</b> Foto SEM imorfologi permukaan <i>red mud</i> sebelum (a) dan setelah (b) dilindi oleh EILs betain–asam cis-oleat standar pada karakterisasi SEM.....	50
<b>Gambar 4.11</b> Potret persebaran unsur dan mapping permukaan <i>red mud</i> sebelum (a) dan setelah (b) dilindi oleh EILs betain–asam cis-oleat standar pada EDX.....	50
<b>Gambar 4.12</b> Spektra FTIR EILs betain–asam cis-oleat rasio molar 1:4 sebelum (a) dan setelah (b) melindi <i>red mud</i> .....	53

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Konsentrasi khas REE dan thorium dalam bauksit laterit di Ghana dan bauksit karst di Yunani, dan di residu bauksit yang berasal dari Yunani (Rivera <i>et al.</i> , 2019). .....	8
<b>Tabel 2.2</b> Senyawa umum komponen penyusun EILs (Chandran <i>et al.</i> , 2021)...13	
<b>Tabel 2.3</b> Klasifikasi tipe EILs (Chandran <i>et al.</i> , 2021).....14	
<b>Tabel 4.1</b> Karakteristik fisik EILs betain-asam cis-oleat hasil sintesis .....	32
<b>Tabel 4.2</b> Pita serapan FTIR untuk senyawa EILs betain–asam cis-oleat hasil sintesis. ....	33
<b>Tabel 4.3</b> Titik beku EILs betain–asam cis-oleat hasil sintesis berdasarkan profil DSC.....	36
<b>Tabel 4.4</b> Kelarutan EILs pada berbagai Pelarut.....	39
<b>Tabel 4.5</b> Komposisi elemen pada <i>Red Mud</i> sebelum pelindian berdasarkan analisis XRF .....	41
<b>Tabel 4.6</b> Komposisi Fasa Kristal pada <i>Red Mud</i> Sebelum dan Setelah Pelindian oleh EILs betain–asam cis-oleat.....	47
<b>Tabel 4.7</b> EDX <i>mapping</i> pada <i>Red Mud</i> Sebelum dan Setelah Pelindian oleh EILs betain–asam cis-oleat. ....	52
<b>Tabel 4.8</b> Pita serapan FTIR pada <i>Red Mud</i> Sebelum dan Setelah pelindian oleh EILs betain–asam cis-oleat. ....	52

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Data Perhitungan Analisis EILs .....	68
<b>Lampiran 2.</b> Hasil Uji EILs .....	69
<b>Lampiran 3.</b> Hasil Pelindian <i>recovery red mud</i> oleh EILs .....	75
<b>Lampiran 4.</b> Dokumentasi .....	96

## DAFTAR PUSTAKA

- Abedini, A., Khosravi, M., and Dill, H. G. (2020). Rare earth element geochemical characteristics of the late Permian Badamlu karst bauxite deposit, NW Iran. *Journal of African Earth Sciences*, 172, 1-11.
- Abranches, D. O., Silva, L. P., Martins, M. A., Pinho, S. P., and Coutinho, J. A. (2020). Understanding the formation of deep eutectic solvents: betaine as a universal hydrogen bond acceptor. *ChemSusChem*, 13(18), 4916-4921.
- Akash, M. S. H., Rehman, K., Akash, M. S. H., dan Rehman, K. (2020). Differential scanning calorimetry. *Essentials of pharmaceutical analysis*, 199-206.
- Ali, A., Chiang, Y. W., and Santos, R. M. (2022). X-ray diffraction techniques for mineral characterization: A review for engineers of the fundamentals, applications, and research directions. *Minerals*, 12(2), 205.
- Asadollahzadeh, M., Torkaman, R., and Torab-Mostaedi, M. (2021). Extraction and separation of rare earth elements by adsorption approaches: current status and future trends. *Separation & Purification Reviews*, 50(4), 417-444.
- Balaram, V. (2019). Rare earth elements: A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact. *Geoscience Frontiers*, 10(4), 1285-1303.
- Chandran, K., Kait, C. F., Wilfred, C. D., and Zaid, H. F. M. (2021). A review on deep eutectic solvents: Physiochemical properties and its application as an absorbent for sulfur dioxide. *Journal of Molecular Liquids*, 338, 1-17.
- Cloete, K. J., Šmit, Ž., and Gianoncelli, A. (2023). Multidimensional Profiling of Human Body Hairs Using Qualitative and Semi-Quantitative Approaches with SR-XRF, ATR-FTIR, DSC, and SEM-EDX. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(4), 4166.
- Deng, B., Li, G., Luo, J., Ye, Q., Liu, M., Rao, M., and Zhao, B. (2019). Selectively leaching the iron-removed bauxite residues with phosphoric acid for enrichment of rare earth elements. *Separation and Purification Technology*, 227, 115714.

Mia Widyaningsih, 2023

**STUDI PEMBENTUKAN CAIRAN IONIK EUTEKTIK BERBASIS BETAIN-ASAM CIS-OLEAT DAN PENGGUNAAN NYA SEBAGAI PELINDI PADA PROSES PUNGUT ULANG LOGAM TANAH JARANG DARI RED MUD**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



- Dudin, M. N., Bezbakh, V. V., Galkina, M. V., Rusakova, E. P., and Zinkovsky, S. B. (2019). Stimulating innovation activity in enterprises within the metallurgical sector: the russian and international experience. *TEM Journal*, 8(4), 1366.
- Effendi, S., Mutalib, A., Anggraeni, A., and Bahti, H. H. (2020). Penggunaan Desain Plackett Burman untuk Seleksi Parameter Pemisahan Logam Tanah Jarang Kelompok Sedang dari Logam Tanah Jarang Kelompok Lainnya dengan Metode Pengendapan. *al-Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, 7(1), 1-6.
- El-Shamy, A. M., and Abdel Bar, M. M. (2021). Ionic liquid as water soluble and potential inhibitor for corrosion and microbial corrosion for iron artifacts. *Egyptian Journal of Chemistry*, 64(4), 1867-1876.
- Fanali, C., Della Posta, S., Dugo, L., Gentili, A., Mondello, L., and De Gara, L. (2020). Choline- chloride and betain-based deep eutectic solvents for green extraction of nutraceutical compounds from spent coffee ground. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 189, 113421.
- Fahmy Taha, M. H., Ashraf, H., and Caesarendra, W. (2020). A brief description of cyclic voltammetry transducer-based non-enzymatic glucose biosensor using synthesized graphene electrodes. *Applied System Innovation*, 3(3), 32.
- Feng, X., Zhang, H., and Yu, P. (2021). X-ray fluorescence application in food, feed, and agricultural science: a critical review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 61(14), 2340-2350.
- Gajardo-Parra, N. F., Lubben, M. J., Winnert, J. M., Leiva, Á., Brennecke, J. F., and Canales, R. I. (2019). Physicochemical properties of choline chloride-based deep eutectic solvents and excess properties of their pseudo-binary mixtures with 1-butanol. *The journal of chemical thermodynamics*, 133, 272-284.
- Ge, L., and Li, F. (2020). Review of in situ X-ray fluorescence analysis technology in China. *X-Ray Spectrometry*, 49(4), 458-470.
- Gniadek, M., and Dąbrowska, A. (2019). The marine nano-and microplastics characterisation by SEM-EDX: the potential of the method in comparison

- with various physical and chemical approaches. *Marine Pollution Bulletin*, 148, 210-216.
- Gupta, I., Singh, S., Bhagwan, S., and Singh, D. (2021). Rare earth (RE) doped phosphors and their emerging applications: A review. *Ceramics international*, 47(14), 19282-19303.
- Hakim, L., Dirgantara, M., and Nawir, M. (2019). Karakterisasi struktur material pasir bongkahan galian golongan c dengan menggunakan X-Ray Diffraction (X-RD) di kota Palangkaraya. *Jurnal Jejaring Matematika dan Sains*, 1(1), 44-51.
- Handayani, A. S., Marsudi, S., Nasikin, M., and Sudibandriyo, M. (2019). Reaksi esterifikasi asam cis-oleat dan gliserol menggunakan katalis asam. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 102-105.
- Handayani, Y. N., Simpen, I N. and Negara, I. M. S. (2022). Konversi asam cis-oleat menjadi biodiesel menggunakan katalis heterogen CaO cangkang kepiting terembankan  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Jurnal Kimia (Journal of Chemistry)*, 16(2), 237 – 243.
- Hatab, F. A., Darwish, A. S., Lemaoui, T., Warrag, S. E., Benguerba, Y., Kroon, M. C., and Alnashef, I. M. (2020). Extraction of thiophene, pyridine, and toluene from n-decane as a diesel model using betain-based natural deep eutectic solvents. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 65(11), 5443-5457.
- Hedrich, S., and Schippers, A. (2021). Distribution of scandium in red mud and extraction using *Gluconobacter oxydans*. *Hydrometallurgy*, 202, 1-8.
- He, N., Ni, Y., Teng, J., Li, H., Yao, L., and Zhao, P. (2019). Identification of inorganic oxidizing salts in homemade explosives using Fourier transform infrared spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 221, 1-15.
- Huang, C., Wang, Y., Huang, B., Dong, Y., and Sun, X. (2019). The recovery of rare earth elements from coal combustion products by ionic liquids. *Minerals Engineering*, 130, 142-147.

- Huang, X., Wang, Z., Knibbe, R., Luo, B., Ahad, S. A., Sun, D., and Wang, L. (2019). Cyclic voltammetry in lithium–sulfur batteries—challenges and opportunities. *Energy Technology*, 7(8), 1801001.
- Huang, H., and Zhu, J. J. (2019). The electrochemical applications of rare earth-based nanomaterials. *Analyst*, 144(23), 6789-6811.
- Husraini, L., Zahrina, I., and Sunarno, S. (2020). Aplikasi Deep Eutectic Solvents (DESs) Sebagai Katalis Pada Sintesis Emulsifier. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, 7, 1-8.
- Jiang, T., Singh, S., Dunn, K. A., and Liang, Y. (2022). Optimizing leaching of rare earth elements from red mud and spent fluorescent lamp phosphors using levulinic acid. *Sustainability*, 14(15), 1-16.
- Kazak, O. (2021). Fabrication of in situ magnetic activated carbon by co-pyrolysis of sucrose with waste red mud for removal of Cr (VI) from waters. *Environmental Technology & Innovation*, 24, 1-12.
- Khairul, M. A., Zanganeh, J., and Moghtaderi, B. (2019). The composition, recycling and utilisation of Bayer red mud. *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 483-498.
- Kim, T., Choi, W., Shin, H. C., Choi, J. Y., Kim, J. M., Park, M. S., & Yoon, W. S. (2020). Applications of voltammetry in lithium ion battery research. *Journal of Electrochemical Science and Technology*, 11(1), 14-25.
- Krist, S. (2020). Chaulmoogra oil. *In Vegetable Fats and Oils*, 223-226.
- Leyva-Porras, C., Cruz-Alcantar, P., Espinosa-Solís, V., Martínez-Guerra, E., Piñón-Balderrama, C. I., Compean Martínez, I., and Saavedra-Leos, M. Z. (2019). Application of differential scanning calorimetry (DSC) and modulated differential scanning calorimetry (MDSC) in food and drug industries. *Polymers*, 12(1), 5.
- Li, F., Zeng, J., and Sun, X. (2020). Functionalized ionic liquids based on vegetable oils for rare earth elements recovery. *RSC Advances*, 10(45), 26671-26674.
- Li, G., Xie, Q., Liu, Q., Liu, J., Wan, C., Liang, D., and Zhang, H. (2020). Separation of phenolic compounds from oil mixtures by betaine-based deep eutectic solvents. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 15(6), 2515.

- Li, X., Li, W., Gao, Y., and Tian, G. (2022). Effect of mechanical activation on the leaching process of rare earth metal yttrium in deep eutectic solvents. *Applied Sciences*, 12(16), 8253.
- Li, Y., Huang, H., Xu, Z., Ma, H., Guo, Y. (2020). Mechanism study on manganese (II) removal from acid mine wastewater using red mud and its application to a lab-scale column. *J. Clean. Prod.* 253, 119955.
- Liu, K., Wang, Z., Shi, L., Jungsuttiwong, S., and Yuan, S. (2021). Ionic liquids for high performance lithium metal batteries. *Journal of energy chemistry*, 59, 320-333.
- Llewellyn, A. V., Matruglio, A., Brett, D. J., Jervis, R., and Shearing, P. R. (2020). Using in-situ laboratory and synchrotron-based x-ray diffraction for lithium-ion batteries characterization: A review on recent developments. *Condensed Matter*, 5(4), 75.
- Lozano, P., Alvarez, E., Nieto, S., Villa, R., Bernal, J. M., and Donaire, A. (2019). Biocatalytic synthesis of panthenyl monoacyl esters in ionic liquids and deep eutectic solvents. *Green Chemistry*, 21(12), 3353-3361.
- Longeras, O., Gautier, A., Ballerat-Busserolles, K., and Andanson, J. M. (2020). Deep eutectic solvent with thermo-switchable hydrophobicity. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(33), 12516-12520.
- Mahmood, A., Yuan, Z., Sui, X., Riaz, M. A., Yu, Z., Liu, C., and Chen, Y. (2021). Foldable and scrollable graphene paper with tuned interlayer spacing as high areal capacity anodes for sodium-ion batteries. *Energy Storage Materials*, 41, 395-403.
- Margu , E., Queralt, I., and Almeida, E. (2022). X-ray fluorescence spectrometry for environmental analysis: Basic principles, instrumentation, applications and recent trends. *Chemosphere*, 135006.
- Mero, A., Mezzetta, A., Nowicki, J.,  uczak, J., and Guazzelli, L. (2021). Betaine and l-carnitine ester bromides: Synthesis and comparative study of their thermal behaviour and surface activity. *Journal of Molecular Liquids*, 334, 115988.
- Mukiza, E., Liu, X., Zhang, L., and Zhang, N. (2019). Preparation and characterization of a red mud-based road base material: Strength formation

- mechanism and leaching characteristics. *Construction and Building Materials*, 220, 297-307.
- Mulia, K., Nasikin, M., Krisanti, E. A., and Zahrina, I. (2020). Deacidification of Palm Oil Using Betaine Monohydrate-Carboxylic Acid Deep Eutectic Solvents: Combined Extraction and Simple Solvent Recovery. *Processes*, 8(5), 543.
- Nandiyanto, A. B. D., Oktiani, R., and Ragadhita, R. (2019). How to read and interpret ftir spectroscopy of organic material. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 4(1), 97–118.
- Nie, Q., Hu, W., Huang, B., Shu, X., and He, Q. (2019). Synergistic utilization of red mud for flue-gas desulfurization and fly ash-based geopolymer preparation. *Journal of Hazardous Materials*, 369, 503-511.
- Nordness, O. and Brennecke, J. F. (2020). Ion dissociation in ionic liquids and ionic liquid solutions. *Chemical Reviews*, 120(23), 12873-12902.
- Okamura, H., and Hirayama, N. (2021). Recent progress in ionic liquid extraction for the separation of rare earth elements. *Analytical Sciences*, 37(1), 119-130.
- Orefice, M., and Binnemans, K. (2021). Solvometallurgical process for the recovery of rare-earth elements from Nd–Fe–B magnets. *Separation and Purification Technology*, 258, 117800.
- Orefice, M., Nguyen, V.T., Raiguel, S., Jones, P.T., and Binnemans, K., (2022). Solvometallurgical Process for the Recovery of Tungsten from Scheelite. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 61(1), 754-764.
- Pateli, I. M., Abbott, A. P., Binnemans, K., and 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. *RSC advances*, 10(48), 28879-28890.
- Pathak, A., Vinoba, M., and Kothari, R., 2021. Emerging role of organic acids in leaching of 644 valuable metals from refinery-spent hydroprocessing catalysts, and potential techno-economic 645 challenges: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 51(1), 1-43.

- Patinha, D. J., Silvestre, A. J., and Marrucho, I. M. (2019). Poly (ionic liquids) in solid phase microextraction: Recent advances and perspectives. *Progress in Polymer Science*, 98, 1-24.
- Pei, Y., Zhang, Y., Ma, J., Zhao, Y., Li, Z., Wang, H., and Du, R. (2022). Carboxyl functional poly (ionic liquid) s confined in metal–organic frameworks with enhanced adsorption of metal ions from water. *Separation and Purification Technology*, 299, 121790.
- Peeters, N., Binnemans, K., and Riaño, S. (2020). Solvometallurgical recovery of cobalt from lithium-ion battery cathode materials using deep-eutectic solvents. *Green Chemistry*, 22(13), 4210-4221.
- Phernpornragul, Y., Arepornrat, S., Ayuthaya, W. P. N and Khaenamkaew, P. (2020). A Comparative Study of SEM-EDX and ICP-MS Detection Based on Gunshot Residue Originated from AK-47 and M16 Rifles. *American Journal of Applied Sciences*, 17, 69-82.
- Petit, T., and Puskar, L. (2018). FTIR spectroscopy of nanodiamonds: Methods and interpretation. *Diamond and Related Materials*, 89, 52-66.
- Prameswara, G., Trisnawati, I., Handini, T., Poernomo, H., Mulyono, P., Prasetya, A., and Petrus, H. T. M. B. (2023). Recovery of Critical Elements (Dysprosium and Ytterbium) from Alkaline Process of Indonesian Zircon Tailings: Selective Leaching and Kinetics Study. *International Journal of Technology*, 14(4).
- Putri, N., dan Puryanti, D. (2020). Sintesis nanopartikel manganese ferrite ( $MnFe_2O_4$ ) dari pasir besi dan mangan alam dengan metode kopresipitasi. *Jurnal Fisika Unand*, 9(3), 375-380.
- Ramadhan, M. F., Febrida, R., and Karlina, E. (2023). Pengaruh perbandingan campuran pelarut air dan metanol terhadap pembentukan fasa, ukuran, dan stabilitas partikel kalsium karbonat untuk aplikasi biomedis Effect of the ratio of mixed water and methanol solvents on phase formation, size, and stability of calcium carbonate particles for biomedical applications. *Padjadjaran Journal of Dental Researchers and Students*, 7(1), 26-30.
- Ramón, D. J., and Guillena, G. (2020). Deep eutectic solvents: synthesis, properties, and applications. *John Wiley & Sons*. ISBN 3527345183.

**Mia Widyaningsih, 2023**

**STUDI PEMBENTUKAN CAIRAN IONIK EUTEKTIK BERBASIS BETAIN–ASAM CIS-OLEAT DAN PENGGUNAAN NYA SEBAGAI PELINDI PADA PROSES PUNGUT ULANG LOGAM TANAH JARANG DARI RED MUD**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- Román, G. C., Jackson, R. E., Gadhia, R., Román, A. N., & Reis, J. (2019). Mediterranean diet: The role of long-chain  $\omega$ -3 fatty acids in fish; polyphenols in fruits, vegetables, cereals, coffee, tea, cacao and wine; probiotics and vitamins in prevention of stroke, age-related cognitive decline, and Alzheimer disease. *Revue neurologique*, 175(10), 724-741.
- Roman, F. F., Ribeiro, A. E., Queiroz, A., Lenzi, G. G., Chaves, E. S., & Brito, P. (2019). Optimization and kinetic study of biodiesel production through esterification of oleic acid applying ionic liquids as catalysts. *Fuel*, 239, 1231-1239.
- Rivera, R. M., Ounoughene, G., Malfliet, A., Vind, J., Panias, D., Vassiliadou, V., and Van Gerven, T. (2019). A study of the occurrence of selected rare-earth elements in neutralized–leached bauxite residue and comparison with untreated bauxite residue. *Journal of Sustainable Metallurgy*, 5, 57-68.
- Şahin, S. (2019). Tailor-designed deep eutectic liquids as a sustainable extraction media: An alternative to ionic liquids. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 174, 324-329.
- Salgado, J., Parajó, J. J., Villanueva, M., Rodríguez, J. R., Cabeza, O., and Varela, L. M. (2019). Liquid range of ionic liquid–Metal salt mixtures for electrochemical applications. *The Journal of Chemical Thermodynamics*, 134, 164-174.
- Salman, A. D., Juzsakova, T., Rédey, Á., Le, P. C., Nguyen, X. C., Domokos, E., and Nguyen, D. D. (2021). Enhancing the recovery of rare earth elements from red mud. *Chemical Engineering & Technology*, 44(10), 1768-1774.
- Salman, A. D., Juzsakova, T., Jalhoom, M. G., Abdullah, T. A., Le, P. C., Viktor, S. and Nguyen, D. D. (2022). A selective hydrometallurgical method for scandium recovery from a real red mud leachate: A comparative study. *Environmental Pollution*, 308, 119596.
- Savi, T., Tintner, J., Da Sois, L., Grabner, M., Petit, G., & Rosner, S. (2019). The potential of mid-infrared spectroscopy for prediction of wood density and vulnerability to embolism in woody angiosperms. *Tree Physiology*, 39(3), 503-510.

- Schmidt, R., Fitzek, H., Nachtnebel, M., Mayrhofer, C., Schroettner, H., & Zankel, A. (2019, April). The combination of electron microscopy, Raman microscopy and energy dispersive x-ray spectroscopy for the investigation of polymeric materials. *In Macromolecular symposia*, 384(1), 1800237.
- Singh, S. K., and Savoy, A. W. (2020). Ionic liquids synthesis and applications: An overview. *Journal of Molecular Liquids*, 297, 112038.
- Singh, V. K., Kawai, J., and Tripathi, D. K. (Eds.). (2022). X-Ray Fluorescence in Biological Sciences: Principles, Instrumentation, and Applications. John Wiley & Sons. India.
- Siti, F., Ragadhita, R., Al Husaeni, D. F., dan Nandiyanto, A. B. (2022). Cara menghitung ukuran kristal dari Difraksi Sinar-X (XRD) menggunakan metode scherrer. *Jurnal Sains dan Teknik ASEAN*, 1, 65-76.
- Su, W., Gao, L., Wang, L., and Zhi, H. (2021). Calibration of differential scanning calorimeter (DSC) for thermal properties analysis of phase change material. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 143(4), 2995-3002.
- Tsirelson, V. G., and Ozerov, R. P. (2020). *Electron density and bonding in crystals: Principles, theory and X-ray diffraction experiments in solid state physics and chemistry*. CRC Press.
- Undavalli, V. K., Ling, C., and Khandelwal, B. (2021). Impact of alternative fuels and properties on elastomer compatibility. *In Aviation Fuels*. 113-132.
- Volia, M. F., Tereshatov, E. E., Mazan, V., Folden III, C. M., and Boltoeva, M. (2019). Effect of aqueous hydrochloric acid and zwitterionic betaine on the mutual solubility between a protic betainium-based ionic liquid and water. *Journal of Molecular Liquids*, 276, 296-306.
- Wang, L., Zhang, Y., Liu, Y., Xie, H., Xu, Y., and Wei, J. (2020). SO<sub>2</sub> absorption in pure ionic liquids: Solubility and functionalization. *Journal of hazardous materials*, 392, 122504.
- Wei, D., Jun-Hui, X., Yang, P., Si-Yue, S., Tao, C., Kai, Z., and Zhen, W. (2022). Extraction of scandium and iron from red mud. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 43(1), 61-68.
- Widjaya, R. R. (2019). Pengembangan Katalis Berbasis Tanah Liat dengan Metode Pilarisasi Timah dan Kromium untuk Proses Konversi Bioethanol menjadi

**Mia Widyaningsih, 2023**

**STUDI PEMBENTUKAN CAIRAN IONIK EUTEKTIK BERBASIS BETAIN-ASAM CIS-OLEAT DAN PENGGUNAAN NYA SEBAGAI PELINDI PADA PROSES PUNGUT ULANG LOGAM TANAH JARANG DARI RED MUD**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



Biogasolin= Development of Clay Based Catalysts by Pilarization Method Tin and Chromium for Bioethanol to Biogasoline Conversion. Disertasi UI.  
<https://lontar.ui.ac.id/detail?id=20488714>

- Wulansari, D., Setijadji, L. D., and Warmada, I. W. (2016). Karakterisasi kandungan mineral dalam bauksit dengan metode xrd semi-kuantitatif di kawasan tambang tayan, Kalimantan Barat. *In Proceedings Seminar Nasional Kebumihan Ke-9*, 612-623.
- Xiao, J., Peng, Y., Ding, W., Chen, T., Zou, K., and Wang, Z. (2020). Recovering scandium from scandium rough concentrate using roasting-hydrolysis-leaching process. *Processes*, 8(3), 365.
- Xu, Y. T., Yang, B., Liu, X. M., Gao, S., Li, D. S., Mukiza, E., and Li, H. J. (2019). Investigation of the medium calcium based non-burnt brick made by red mud and fly ash: durability and hydration characteristics. *International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials*, 26, 983-991.
- Yan, Q., Liu, C., Zhang, X., Lei, L., and Xiao, C. (2021). Selective dissolution and separation of rare earths using guanidine-based deep eutectic solvents. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 9(25), 8507-8514.
- Yazdani, A., Höhne, G. W., Misture, S. T., and Graeve, O. A. (2020). A method to quantify crystallinity in amorphous metal alloys: A differential scanning calorimetry study. *PloS one*, 15(6), e0234774.
- Yu, J., Li, Y., Lv, Y., Han, Y., and Gao, P. (2022). Recovery of iron from high-iron red mud using suspension magnetization roasting and magnetic separation. *Minerals Engineering*, 178, 107394.
- Zhang, W., Noble, A., Yang, X., and Honaker, R. (2020). A comprehensive review of rare earth elements recovery from coal-related materials. *Minerals*, 10(5), 451.
- Zinoveev, D., Pasechnik, L., Fedotov, M., Dyubanov, V., Grudinsky, P., and Alpatov, A. (2021). Extraction of valuable elements from red mud with a focus on using liquid media—a review. *Recycling*, 6(2), 38.
- Zhou, X., Zhang, T., Wan, S., Hu, B., Tong, J., Sun, H., and Hou, H. (2020). Immobilization of heavy metals in municipal solid waste incineration fly

ash with red mud-coal gangue. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 22, 1953-1964.

**Mia Widyaningsih, 2023**

**STUDI PEMBENTUKAN CAIRAN IONIK EUTEKTIK BERBASIS BETAIN-ASAM CIS-OLEAT DAN PENGGUNAAN NYA SEBAGAI PELINDI PADA PROSES PUNGUT ULANG LOGAM TANAH JARANG DARI RED MUD**

Universitas Pendidikan Indonesia | [repository.upi.edu](https://repository.upi.edu) | [perpustakaan.upi.edu](https://perpustakaan.upi.edu)