



UJI KELARUTAN LOGAM DARI TAILING TIMAH MENGGUNAKAN PELARUT EUTEKTIK BERBASIS KOLIN KLORIDA DAN ASAM *p*-TOLUENASULFONAT

Nimas Ade Kusdayanti¹, Winda Rahmalia², Thamrin Usman*

¹Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, Kalimantan Barat, Indonesia

*Corresponding author: thamrin_usman@untan.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received

10 July 2019

Accepted

30 July 2019

Available online

30 July 2019

Keywords:

eutectic solvents, *p*-toluenasulfonic acid, tailings, tin

ABSTRACT

Deep eutectic solvents (DES) are defined as combinations of two or three components which are able to establish hydrogen bond interactions with each other to form an eutectic mixture, that have a melting point lower than that of the each individual component. This study aims to determine the characteristics of DES based on choline chloride (ChCl) as quaternary ammonium salts and *p*-toluenasulfonic acid (PTSA) as hydrogen bond donors and to investigate their selectivity for dissolving metals in tin tailings. Synthesis of DES was carried out by mixing ChCl and PTSA with variations of the mole fraction, then stirring at 80 °C for 15 minutes. Resulted products were characterized their freezing point, density, viscosity, conductivity and functional groups. Mixture with a mole fraction of ChCl 0.6 formed homogeny clear liquid. It has a freezing point of 8 °C, density of 1.207 g/mL, viscosity of 4.663 cP, and conductivity of 182.4 μS/cm. Based on fourier transform infrared (FTIR) analysis, the interaction between ChCl and PTSA was due to the formation of hydrogen bonds between the O atoms of PTSA and the H atoms of ChCl. Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES) analysis showed the presence of 1962 ppm of Fe metal dissolved in DES. This value was significant greater than the presence of other metals in the DES.

© 2019 IJoPAC. All rights reserved

1. Pendahuluan

Eksplorasi tambang yang semakin meningkat menimbulkan permasalahan lingkungan. Pengolahan tambang tidak dapat dipisahkan dengan limbah tambang atau *tailing* yang dihasilkan. Umumnya, *tailing* dibuang tanpa adanya pengolahan lebih lanjut sehingga menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan disekitar pertambangan. Hal ini karena adanya mineral dan logam oksida serta bahan berbahaya beracun^[1] yang masih terkandung didalam *tailing*^[1]. Dampak negatif yang ditimbulkan oleh *tailing* dapat diminimalisir dengan melarutkan mineral dan logam menggunakan pelarut ionik atau *ionic liquids* (ILs). Namun, ILs masih memiliki toksisitas yang tinggi sehingga digunakan pelarut eutektik yang lebih ramah lingkungan. Pelarut eutektik (*Deep eutectic solvents*/DES) merupakan pelarut yang dapat digunakan dalam penyerapan atau melarutkan berbagai

jenis logam oksida, fabrikasi permukaan logam, sintesis organik, transformasi biologis, dan pemurnian biodiesel, serta penyerapan CO₂ [2].

Pelarut eutektik mempunyai keuntungan yang lebih daripada pelarut pada umumnya seperti sederhana dalam pembuatannya, murah, dan *biodegradable*, sehingga tidak memiliki dampak negatif terhadap lingkungan, tidak volatil, dan tidak mudah terbakar^[2]. Pelarut eutektik yang dihasilkan dari pencampuran biner antara garam ammonium kuarterner dan *hydrogen bond donor* (HBD) merupakan senyawa baru yang berikatan hidrogen dan tidak dapat dipisahkan kembali menjadi komponen-komponen penyusunnya^[3]. Penelitian ini menggunakan kolin klorida (ChCl) sebagai garam halida dan asam *p*-toluenasulfonat (PTSA) sebagai HBD. Pencampuran biner menghasilkan campuran eutektik yang akan dikarakteristik fisika-kimianya seperti titik beku, densitas, viskositas, konduktivitas, maupun gugus fungsinya. Pelarut eutektik dalam penelitian ini diuji sebagai pelarut logam dari *tailing* timah sehingga dapat mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh *tailing* terhadap lingkungan.

2. Metodologi

2.1. Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain alat-alat gelas yang umumnya digunakan di laboratorium kimia, ayakan 100 *mesh*, *hotplate* IKA C-MAG HS 7, *magnetic stirrer*, mortal dan lumpang, neraca analitik, oven, piknometer, *stopwatch*, termometer, viskosimeter Oswald Schott Kapillar-Viskosimeter 513 23, dan wadah tertutup. Serta menggunakan Hanna Conductivity Meter HI-8633, FTIR Shimadzu, ICP-AES Plasma 40 TY-9900 Jinyibo, dan XRF PANanalytical Epsilon 3.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah asam *p*-toluenasulfonat (*p*-toluenasulfonic/PTSA) kGaA, kolin klorida (choline chloride/ChCl) Sigma-Aldrich, dan *tailing* timah dari Pulau Dabo Singkep, Kepulauan Riau.

2.2. Prosedur Kerja

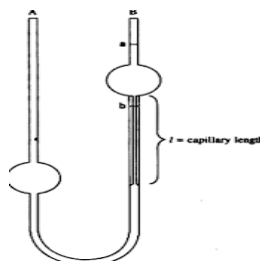
2.2.1. Sintesis dan analisis pelarut eutektik

Sintesis DES dilakukan dengan mengeringkan ChCl dan disimpan di dalam wadah tertutup. Campuran eutektik dibuat dengan menambahkan PTSA ke wadah berisi ChCl dengan variasi fraksi mol ChCl (0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; dan 1). Kemudian dipanaskan pada temperatur 80 °C sambil dilakukan pengadukan dengan kecepatan 250 rpm selama 15 menit. Produk yang berupa cairan homogen pada temperatur kamar merupakan DES yang akan dianalisa lebih lanjut^[4].

2.2.2. Karakterisasi pelarut eutektik

Larutan DES hasil sintesis dikarakterisasi titik beku dengan menggunakan es batu dalam wadah. Kemudian sampel campuran eutektik dimasukkan dalam wadah dan diukur titik beku sampel menggunakan termometer. Perlakuan ini dilakukan triplo. Pengukuran densitas campuran eutektik dilakukan dengan piknometer pada temperatur kamar untuk menentukan massa jenisnya. Piknometer kosong terlebih dahulu ditimbang, kemudian ditimbang piknometer yang telah terisi sampel campuran eutektik. Berat massa yang diperoleh digunakan untuk menghitung massa jenis sampel^[5].

Viskositas campuran eutektik dikarakterisasi dengan menggunakan viskosimeter oswald. Campuran eutektik dimasukkan dalam viskosimeter melalui reservoir A dan dibawa ke reservoir B melewati garis m dengan menggunakan bulb. Campuran eutektik dibiarkan mengalir bebas dan dihitung waktu mengalirnya sampai ke garis n.



Gambar 1. Alat viskosmeter oswald

Waktu mengalir yang diperoleh digunakan untuk menghitung viskositas campuran eutektik. Konduktivitas campuran eutektik dianalisis menggunakan konduktometer, dimana elektroda dicelupkan dalam sampel campuran eutektik kemudian diperoleh nilai konduktivitas dari hasil pengukuran. Gugus fungsinya dianalisis dengan menggunakan FTIR.

2.2.3. Preparasi dan uji kelarutan logam dari tailing timah

Tailing timah dipanaskan pada temperatur 100 °C selama 24 jam, kemudian dihaluskan hasil pengovenan dan diayak dengan ayakan 100 *mesh*. Sampel ditimbang sebanyak 1 gram kemudian dianalisis komposisi mineralnya dengan menggunakan XRF. Timbang padatan halus 25 gram dan ditambahkan ke dalam 50 mL DES. Pengadukan dilakukan dengan kecepatan 250 rpm pada temperatur kamar selama 24 jam. Kemudian campuran sampel disaring, filtrat yang diperoleh akan dianalisis jenis dan kadar logamnya menggunakan ICP-AES^[2].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Sintesis dan analisis pelarut eutektik

Pelarut eutektik (*deep eutectic solvents/DES*) pada penelitian ini diperoleh dari pencampuran dua komponen senyawa yaitu kolin klorida (ChCl) sebagai garam ammonium kuarterner dan asam *p*-toluenasulfonat (PTSA) sebagai *hydrogen bond donor* (HBD) dengan variasi fraksi mol ChCl. Hal ini dilakukan untuk mengetahui DES berbasis ChCl dan PTSA dengan karakteristik yang sesuai untuk digunakan sebagai pelarut ramah lingkungan dalam melarutkan dan memisahkan logam dari *tailing* timah. Penggunaan bahan ChCl sebagai garam ammonium kuarterner pada penelitian ini dikarenakan murah, toksisitas ChCl yang sangat rendah dan tidak menimbulkan dampak pada lingkungan serta mampu dengan cepat membentuk DES saat dikombinasikan dengan komponen lain sebagai HBD. PTSA digunakan sebagai HBD karena asam ini dapat mendonorkan ikatan hidrogen ke akseptor ikatan hidrogen^[2].

Sintesis DES pada penelitian ini dilakukan dengan mengeringkan padatan ChCl dan PTSA terlebih dahulu pada suhu 80 °C sambil terus diaduk. Pengeringan kedua komponen utama ini dilakukan untuk menguapkan air yang masih terkandung dalam kedua padatan tersebut, mengingat sifat higroskopis yang dimiliki oleh ChCl dan adanya kandungan hidrat dalam PTSA^[6]. Kemudian kedua bahan ditimbang dengan variasi massa untuk mendapatkan pelarut eutektik dengan fraksi mol yang diinginkan. Padatan PTSA dicampurkan kedalam wadah berisi ChCl sambil terus diaduk agar pencampuran kedua komponen homogen sehingga menghasilkan campuran eutektik dengan wujud berbeda sesuai variasi fraksi mol ChCl dan PTSA^[5]. Campuran eutektik yang diperoleh disajikan pada Gambar 2. dan keterangan karakteristik fisik DES yang diperoleh disajikan pada Tabel 1.



Gambar 2. Hasil pencampuran biner ChCl : PTSA pada temperatur kamar

Tabel 1. Wujud DES berbasis ChCl : PTSA pada temperatur kamar

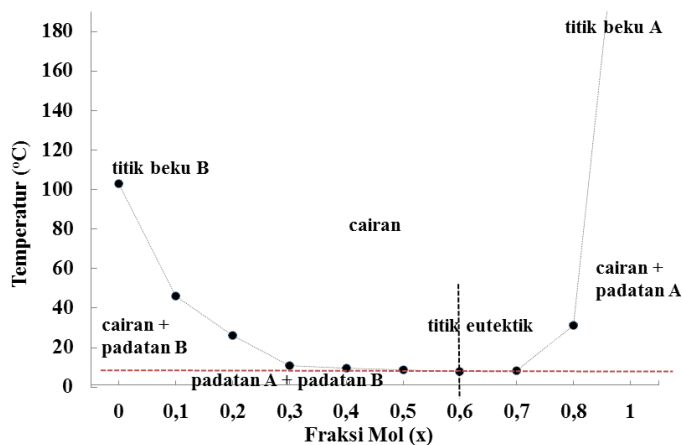
Fraksi molar (X)	Wujud DES
0,1	Keruh, padatan
0,2	Keruh, padatan
0,3	Agak keruh, cairan
0,4	Agak keruh, cairan
0,5	Bening, cairan
0,6	Bening, cairan
0,7	Bening, cairan
0,8	Bening, padatan

Berdasarkan Gambar 2 dan Tabel 1, pencampuran pada fraksi mol ChCl 0,5; 0,6; dan 0,7 diperoleh cairan bening yang diindikasikan terbentuk DES pada komposisi tersebut. Sedangkan DES 0,1; 0,2; dan 0,8 mengalami pengkristalan yang disebabkan garam kolin dan garam HCl terbentuk karena adanya disosiasi asam yang melepaskan atom H sehingga campuran ChCl dan PTSA tidak dapat menjadi cair pada temperatur ruang^{[3][4]}.

3.2. Karakterisasi pelarut eutektik

3.2.1. Titik beku

Pada penelitian ini, DES berasal dari campuran ChCl dan PTSA yang masing-masing memiliki titik beku 302 dan 103 °C^{[6][7]}. Pencampuran 2 komponen tersebut pada fraksi mol tertentu dari ChCl menurunkan titik beku secara signifikan. Campuran eutektik yang diperoleh memiliki titik beku jauh lebih rendah dari titik beku kedua komponen penyusunnya^[5]. Hubungan antara fraksi mol ChCl dengan titik beku dalam bentuk diagram fasa disajikan pada Gambar 3.

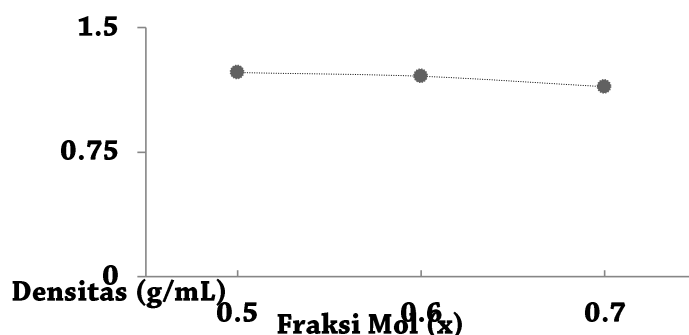


Gambar 3. Diagram fasa pencampuran biner antara ChCl (A): PTSA (B)

Gambar 3 menunjukkan diagram fasa pencampuran biner (2 komponen) antara ChCl dan PTSA. Titik eutektik dengan titik beku terendah diperoleh pada fraksi mol ChCl 0,6 yaitu 8 °C. Dibawah 8 °C campuran biner tersebut membentuk fasa padat, dan tidak lagi dipengaruhi oleh fraksi mol ChCl. Campuran eutektik yang mengalami penurunan titik beku dikarenakan adanya perenggangan antara ion bermuatan yang terjadi ketika ikatan hidrogen antara ion halida dan HBD terjadi, dimana interaksi ikatan hidrogen dengan ion halida merusak struktur garam ammonium. Hal ini menyebabkan perpindahan ion bermuatan dan mencegah terjadinya kristalisasi^[3].

3.2.2. Densitas

Densitas menjadi faktor yang dapat mempengaruhi transfer massa. Pada penelitian ini, campuran biner yang diukur densitasnya adalah campuran yang memiliki wujud cair bening pada temperatur kamar dan memiliki titik beku rendah seperti campuran dengan fraksi mol ChCl 0,5; 0,6; dan 0,7 yang masing-masing memiliki titik beku 9,0; 8,0; dan $8,3 \pm 0,5$ °C. Pengukuran densitas pada penelitian ini menggunakan piknometer ukuran 5 mL. Hasil yang diperoleh disajikan pada Gambar 4.

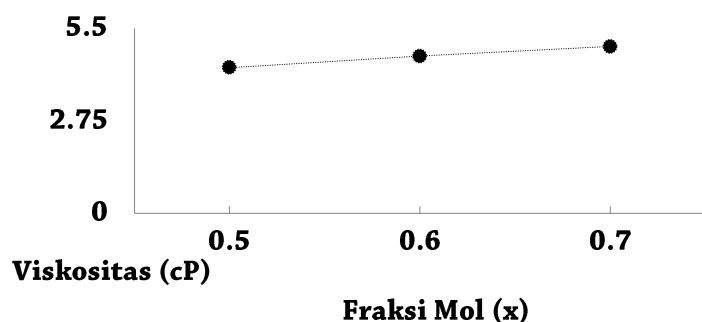


Gambar 4. Hubungan fraksi mol ChCl dengan densitas campuran pada temperatur kamar

Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi fraksi mol ChCl dalam campuran, semakin rendah densitasnya, kemungkinan disebabkan karena kontribusi densitas komponen murni penyusun campuran. ChCl memiliki densitas sebesar 1,19 g/mL, sedangkan PTSA sebesar 1,24 g/mL, sehingga densitas semakin mengarah pada densitas ChCl yang rendah^[8]. Densitas campuran dengan fraksi mol ChCl 0,5; 0,6; dan 0,7 masing-masing adalah 1,229; 1,207; 1,144 g/mL pada temperatur kamar.

3.2.3 Viskositas

Viskositas juga dapat mempengaruhi kinerja pelarut dalam melakukan transfer massa. Viskositas DES biasanya bernilai lebih tinggi dari 25 cP pada temperatur kamar yang lebih tinggi dari pelarut murni. DES dengan viskositas yang rendah sangat diharapkan karena viskositasnya mendekati pelarut organik yang banyak digunakan. Pengukuran viskositas cairan penting dilakukan dalam memilih pelarut yang tepat^{[8][9]}. Pada penelitian ini hasil pengukuran viskositas campuran dengan fraksi mol ChCl 0,5; 0,6; dan 0,7 disajikan pada Gambar 5.

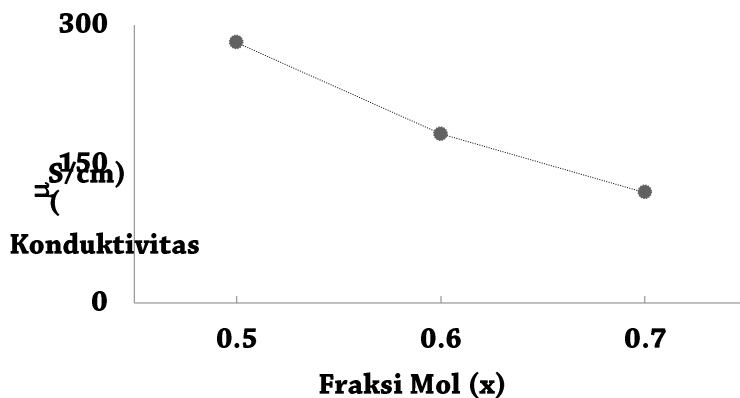


Gambar 5. Viskositas campuran biner pada temperatur kamar

Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin tinggi fraksi mol ChCl, semakin tinggi pula viskositasnya. Viskositas campuran dengan fraksi mol ChCl 0,5; 0,6; dan 0,7 masing-masing adalah $4,328 \pm 0,002$; $4,666 \pm 0,002$; $4,956 \pm 0,002$ cP. Peningkatan viskositas pada peningkatan jumlah ChCl dalam campuran disebabkan karena adanya jaringan ikatan hidrogen yang tinggi dan meluas antara masing-masing komponen sehingga menghasilkan campuran yang sangat kental dan pergerakan spesies ion bebas berkurang^[10].

3.2.4. Konduktivitas

Konduktivitas erat kaitannya dengan viskositas dimana semakin rendah viskositas menyebabkan tingginya konduktivitas sehingga daya hantar listriknya meningkat. Hasil pengukuran konduktivitas campuran dengan fraksi mol ChCl 0,5; 0,6; dan 0,7 disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Nilai konduktivitas campuran biner pada temperatur kamar

Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai konduktivitas menurun seiring meningkatnya fraksi mol ChCl dalam campuran. Nilai konduktivitas campuran dengan fraksi mol ChCl 0,5; 0,6; dan 0,7 masing-masing adalah 281,0; 182,4; dan 119,3 $\mu\text{S/cm}$. Penurunan nilai konduktivitas karena viskositas yang tinggi menyebabkan pergerakan ion bebas dari ChCl dan PTSA berkurang sehingga daya hantar listriknya menurun^[11].

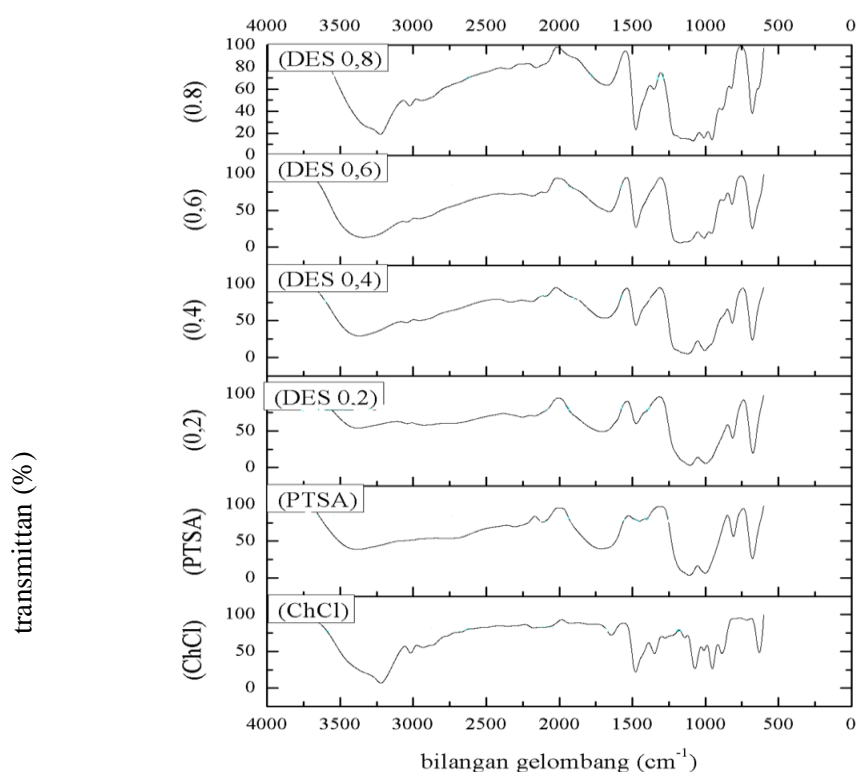
3.2.5. Hasil analisis FTIR

Hasil analisis FTIR menunjukkan adanya perubahan struktur dalam campuran DES dengan ditandai perbedaan spektrum FTIR masing-masing komponen yang tidak tercampur. Spektrum FTIR campuran dengan fraksi mol ChCl 0,2; 0,4, 0,6; dan 0,8 disajikan pada Gambar 7.

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat adanya interaksi antara ChCl dan PTSA dalam campuran eutektik. Spektrum FTIR dari ChCl yang diperoleh menunjukkan adanya puncak pada bilangan gelombang 3222 cm^{-1} vibrasi gugus O-H, puncak 3018 cm^{-1} vibrasi C-H, puncak 1643 cm^{-1} vibrasi

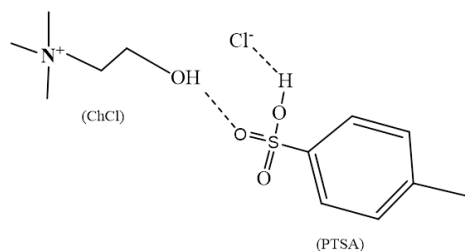
C=C dan puncak 1478 cm^{-1} vibrasi C-H. Spektrum dari PTSA terjadi vibrasi O-H pada puncak bilangan gelombang 3384 cm^{-1} dan pada puncak 1463 cm^{-1} terjadi vibrasi C-H.

Spektrum FTIR campuran eutektik mengalami pergeseran bilangan gelombang vibrasi O-H yaitu pada fraksi mol 0,2 terjadi puncak bilangan gelombang 3377 cm^{-1} , fraksi mol 0,4 pada 3366 cm^{-1} , fraksi mol 0,6 pada 3341 cm^{-1} , dan fraksi mol 0,8 pada 3225 cm^{-1} . Vibrasi C-H pada campuran eutektik terjadi puncak 2925 cm^{-1} pada fraksi mol 0,2; 3047 cm^{-1} pada fraksi mol 0,4; 3043 cm^{-1} pada fraksi mol 0,6; dan 3024 cm^{-1} pada fraksi mol 0,8. Vibrasi C=O pada fraksi mol 0,2 terjadi dipuncak 1707 cm^{-1} . Fraksi mol 0,4 pada puncak 1633 cm^{-1} , fraksi mol 0,6 pada puncak 1657 cm^{-1} , dan fraksi mol 0,8 pada puncak 1672 cm^{-1} terjadi pergeseran bilangan gelombang pada vibrasi C=O dalam campuran eutektik.



Gambar 7. Spektrum FTIR ChCl, PTSA, campuran fraksi mol ChCl 0,2; 0,4; 0,6; dan 0,8

Interaksi dalam campuran eutektik terjadi karena adanya interaksi ikatan hidrogen antara ChCl dengan PTSA. Ikatan hidrogen utama dalam campuran eutektik terbentuk karena adanya interaksi antara atom H dari PTSA dengan Cl^- dari ChCl. Ada juga ikatan hidrogen yang terbentuk antara O dari PTSA dengan H dari $\text{ChCl}^{[12]}$. Perkiraan ikatan hidrogen yang terjadi dalam DES digambarkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Perkiraan ikatan hidrogen dalam DES

Puncak pada spektrum FTIR yang diperoleh terjadi karena adanya vibrasi dari atom H dengan atom lainnya. Vibrasi terjadi karena adanya ikatan hidrogen antara O dan H pada daerah bilangan gelombang 3377-3225 cm⁻¹. meskipun keberadaan ikatan hidrogen utama dalam campuran eutektik karena adanya ikatan antara Cl⁻ dari ChCl dan molekul donor hidrogen. Namun, pergeseran dari vibrasi perenggangan hidroksil dapat dikaitkan dengan pembentukan ikatan hidrogen melalui kelompok hidroksil di ChCl yang menyebabkan puncak melebar dan mengalami pergeseran bilangan gelombang kearah yang lebih kecil dengan spektrum 3341 cm⁻¹ pada campuran fraksi mol ChCl 0,6^[13].

Oleh karena itu, dipilih campuran eutektik dengan fraksi molar 0,6 sebagai pelarut dalam uji kelarutan logam tailing timah. Hal ini karena campuran eutektik fraksi mol 0,6 memiliki titik beku yang rendah, berwujud cairan bening pada temperatur kamar, dan memiliki ikatan hidrogen yang berinteraksi kuat antara garam ammonium kuarterner (ChCl) dan donor ikatan hidrogen (PTSA)^[13].

3.3 Kelarutan Logam Tailing Timah Menggunakan Pelarut Eutektik (Deep Eutectic Solvents/DES)

Tailing timah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *tailing* hasil pencucian timah dari Pulau Dabo Singkep, Kabupaten Lingga, Kepulauan Riau. *Tailing* terlebih dahulu dibersihkan untuk menghilangkan zat pengotor yang tidak diharapkan seperti daun, batu, dan lainnya yang masih menempel pada *tailing* yang akan digunakan. Selanjutnya, *tailing* yang telah bersih dikeringkan dalam oven dengan suhu 100 °C untuk meminimalisir kandungan air. *Tailing* dihaluskan dan diayak dengan ayakan 100 *mesh* agar ukuran serbuk *tailing* timah homogen. Sebelum dilakukan uji kelarutan, *tailing* timah dianalisis kandungannya dengan instrumen XRF. Hasil analisis XRF diperoleh data komposisi *tailing* timah disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data XRF komposisi *tailing* timah

Elemen	
Komponen	Konsentrasi (%)
Al	1,883
Si	8,808
P	2,651
S	3,068
K	0,014
Ca	0,813
Ti	37,546
V	0,554
Mn	0,91
Fe	16,983
Zn	0,022
Y	4,82
Zr	11,382
Nb	0,303
Ag	0,641
Sn	3,79
Nd	3,288

Tabel 2 menunjukkan bahwa *tailing* timah masih mengandung logam-logam yang tinggi konsentrasinya seperti Si, Ti, Fe, dan Zr. Logam-logam dalam *tailing* timah akan dilarutkan dan

dipisahkan dengan menggunakan DES pada penelitian ini. Hal ini bertujuan untuk melihat selektivitas dari DES dalam melarutkan logam-logam tertentu, sehingga logam-logam tersebut dapat dipisahkan dan DES dapat digunakan dalam pemurnian logam^[14]. Uji kelarutan logam terlebih dahulu dilakukan penimbangan sampel *tailing* yang telah halus sebanyak 25 g dan ditambahkan 50 mL DES fraksi mol ChCl 0,6. Pelarutan dilakukan dengan pengadukan selama 24 jam, tujuannya untuk mempercepat kontak antara DES dengan logam yang terkandung dalam *tailing*. Hasil uji kelarutan diperoleh campuran dengan warna larutan hitam dan endapan hitam yang disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil uji kelarutan logam *tailing* timah dalam DES

Campuran hasil uji kelarutan yang diperoleh disaring untuk memisahkan residu dan filtratnya. Hasil penyaringan dengan menggunakan kertas saring diperoleh filtrat berwarna kuning kecoklatan yang menandakan adanya logam yang terlarut dalam pelarut. Hasil penyaringan disajikan pada Gambar 10.



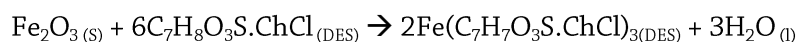
Gambar 10. Hasil penyaringan logam *tailing* timah dan DES

Filtrat hasil penyaringan dianalisis untuk mengetahui keberadaan logam yang terlarut dalam pelarut dengan menggunakan instrumen ICP-AES. Hasil analisis yang diperoleh disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data logam dalam DES hasil analisis ICP-AES

Karakteristik	Hasil (ppm)
Besi (Fe)	1962
Kalsium (Ca)	81,81
Aluminium (Al)	70,75
Titanium (Ti)	34,54
Silikon (Si)	8,983
Manganium (Mn)	8,898
Timah (Sn)	4,700
Kalium (K)	4,232

Tabel 3 menunjukkan bahwa logam yang terkandung dalam *tailing* timah dapat terlarut dalam DES. Hal ini karena adanya proton dalam DES yang bertindak sebagai akseptor oksigen bereaksi dengan oksida untuk membentuk air. Kemampuan membentuk ikatan antara PTSA dengan ChCl membantu memisahkan logam dalam *tailing*. Sehingga, dapat meningkatkan pemisahan kation yang berbeda. Oleh karena itu, penggunaan DES berbasis ChCl dan PTSA selektif untuk melarutkan dan memisahkan logam dan mineral seperti besi (Fe), kalsium (Ca), aluminium (Al), titanium (Ti), silikon (Si), Manganium (Mn), timah (Sn) dan kalium (K) yang terdapat didalam *tailing* timah^{[3][14]}. Adapun reaksi-reaksi yang dapat terjadi antara logam dengan DES adalah sebagai berikut^[14]:



4. Kesimpulan

Karakteristik fisika-kimia pelarut eutektik berbasis kolin klorida dan PTSA fraksi mol 0,6 memiliki wujud cairan bening dengan titik beku 8 °C, densitas 1,207 g/mL, viskositas 4,663 cP, konduktivitas 182,4 µS/cm pada temperatur ruang, dan memiliki pergeseran gelombang kearah yang lebih rendah dengan puncak melebar pada spektrum FTIR. Pelarut eutektik fraksi mol 0,6 yang diuji sebagai pelarut logam dari *tailing* timah dapat melarutkan logam Fe sebesar 0,1962 %, Ca sebesar 0,0081 %, Al sebesar 0,0070 %, Ti sebesar 0,0034 %, Si sebesar 0,0008 %, Mn sebesar 0,0008 %, Sn sebesar 0,0004 %, dan K sebesar 0,0004 %.

Daftar Pustaka

- [1] Widhiyatna D, Pohan MP, dan Putra C. (2006). *Inventarisasi Bahan Galian pada Wilayah Bekas Tambang*. Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.
- [2] Rajendran S, Kaveh S, dan Rashmi W. (2016). A Fundamental Study on Solubility of Heavy Metal Oxides in Ammonium and Phosphonium Based Deep Eutectic Solvents. *Journal of Engineering Science and Technology*, 2: 85-86.
- [3] Smith EL, Andrew PA, dan Karl SR. (2014). Deep Eutectic Solvents (DESs) and Their Applications. *American Chemical Society Publications*, 114: 11060-11061.
- [4] Abbott AP, David B, Glen C, David LD, dan Raymond KR. (2004). Deep Eutectic Solvents Formed between Choline Chloride and Carboxylic Acids: Versatile Alternatives to Ionic Liquids. *JACS Articles*, 126(29): 9143.
- [5] Abbott AP, Glen C, David LD, Katy JM, dan Stephen UO. (2006). Solubility of Metal Oxides in Deep Eutectic Solvents Based on Choline Chloride. *Journal of Chemistry and Engineering Data*, 51(4): 1280.
- [6] MSDS (Material Safety Data Sheet). (2005). *p-Toluenasulfonic Acid MSDS*. Chemicals and Laboratory Equipment, Science Lab.
- [7] Efsa (European Food Safety Authority). (2011). Scientific Opinion on Safety and Efficacy of Choline Chloride as a Feed Additive for All Animal Species. *The EFSA Journal*, 9(9): 6-7.
- [8] Naser J, F. Mjalli, B. Jibril, S. Al-Hatmi, dan Z. Gano. (2013). Potassium Carbonate as a Salt for Deep Eutectic Solvents. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 4(3):115-117.
- [9] Yan YC, W Rashmi, M Khalid, K Shahbaz, TCSM Gupta, dan N Mase. (2017). Potential Application Of Deep Eutectic Solvents in Heat Transfer Application. *Journal of Engineering Science and Technology*, 6: 2-13.

- [10] Yusof R, Emilia A, Kamaliah S, dan Mohd. Basyaruddin AR. (2014). Tetrabutylammonium Bromide (TBABr)-Based Deep Eutectic Solvents (DESs) and Their Physical Properties. *Molecules*, 19: 8016-8021.
- [11] Zhang Q, Karine DOV, Sebastien R, dan Francois J. (2012). Deep Eutectic Solvents; Syntheses, Properties and Applications. *Chem. Soc. Rev.*, Doi 10.1039/c2cs35178a:7115.
- [12] Niawanti H, Siti Z, dan M. Rachimoellah. (2016). Purification of Biodiesel by Choline Chloride Based Deep Eutectic Solvent. *International Seminar on Fundamental and Application of Chemical Engineering 2016*, Doi 10.1063/1.4982280:3.
- [13] Othman ZS, Mamoru K, Nurul HAK, Saiful IZ, dan Nur Hasyareeda H. (2018). Interaction Study of Binary Solvent Systems Ionic Liquid and Deep Eutectic Solvent with Rotenone. *Sains Malaysiana*, 47(7): 1478.
- [14] Riano S, Martina P, Bieke O, Tom V, Hoogerstraete, Dipanjan B, Mark R, St.J. Foreman, Christian E, dan Koen B. (2017). Separation of Rare Earths and Other Valuable Metals from Deep Eutectic Solvents: A New the Recycling of Used NdFeB Magnets. *Royal Society of Chemistry Advances*, 7: 32101.