



KELARUTAN MINERAL IKUTAN KASITERIT DALAM ASAM KLOORIDA ENCER (HCl 10 %) MENGGUNAKAN REAKTOR YANG DILENGKAPI PENGADUK

Latifa Hanum Lalasari

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : latifa.hanum@gmail.com

Masuk : 2 September 2020

Direvisi : 12 September 2020

Disetujui : 28 September 2020

Abstrak: Telah dilakukan penelitian kelarutan mineral ikutan kasiterit (SnO_2) dalam larutan asam klorida (HCl) encer menggunakan reaktor yang dilengkapi pengaduk. Tujuan penelitian adalah melakukan investigasi dalam upaya memperoleh kondisi proses yang optimum dan efisien, khususnya temperature dan waktu proses pelindian untuk menghasilkan kasiterit dengan kemurnian tinggi. Proses yang dilakukan adalah hidrometalurgi dengan melakukan proses pelindian mineral kasiterit dalam larutan HCl 10% (encer) pada kondisi tekanan atmosferik dan variasi temperatur 35°C , 50°C , 70°C , 90°C , 110°C ; waktu proses 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 jam. Proses pelindian menggunakan reaktor yang dilengkapi pengaduk dengan pengadukkan 300 rpm. Hasil penelitian menunjukkan larutan asam klorida (HCl) 10% mampu melarutkan mineral ikutan dari kasiterit diantaranya: besi, lantanum, cerium, titanium yang merupakan pengotor dengan jumlah besar dalam kasiterit. Kemurnian kasiterit yang diperoleh dari hasil pelindian menggunakan larutan HCl 10% (encer) adalah sebesar 82-83% SnO_2 pada temperatur 110°C selama 2 jam.

Kata kunci: kasiterit, mineral ikutan, asam klorida, reaktor berpengaduk, pelindian

Abstract: Research on the solubility of associated minerals from cassiterite (SnO_2) in aqueous hydrochloric acid (HCl) solution has been carried out using a reactor equipped with a stirrer. The research objective was to investigate in an effort to obtain optimum and efficient leaching process conditions, especially temperature and time to produce high purity cassiterite. The process was hydrometallurgical by leaching cassiterite in a 10% (dilute) HCl solution under conditions of atmospheric pressure and temperature variations of 35°C , 50°C , 70°C , 90°C , 110°C ; and leaching times of 1, 2, 3, 4, 5, and 6 hours. The leaching process used a reactor equipped with a stirrer at 300 rpm. The results showed that a 10% solution of hydrochloric acid (HCl) was able to dissolve the trace minerals of cassiterite including: iron, lanthanum, cerium, titanium which were large amounts of impurities in cassiterite. The purity of cassiterite obtained from leaching using 10% HCl solution (dilute) was 82 - 83% SnO_2 at 110°C for 2 hours.

Keywords: cassiterite, associated minerals, hydrochloric acid, stirred reactor, leaching

PENDAHULUAN

Timah tidak ditemukan dalam unsur bebasnya di bumi, akan tetapi di peroleh dari senyawaannya. Timah pada saat ini diperoleh dari mineral *cassiterite* atau *tin stone*. *Cassiterite* merupakan mineral oksida dari timah SnO_2 .

Timah terbentuk dari endapan primer batuan granit, serta sebagai endapan sekunder, yang di dalamnya terdiri dari endapan alluvial, elluvial, dan koluvium [1][2].

Timah (IV) Oksida (SnO_2) banyak dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi karena stabil terhadap perlakuan panas, biaya pendeposisiannya yang relatif murah, dan sifat *physicochemical* yang baik. Titik leleh rendah dan adesi tegas untuk membersihkan permukaan besi, baja, tembaga, dan paduan tembaga memudahkan penggunaannya sebagai bahan pelapis tahan oksidasi [3][4].

Meski timah memiliki titik leleh reatif rendah (232°C), peleburan harus dilakukan pada temperatur tinggi kira-kira 1300°C untuk memungkinkan *slag* dalam keadaan cair. Untuk mendapatkan lelehan Sn reduktor yang digunakan umumnya adalah karbon atau antrasit dan untuk menurunkan titik leleh *slag* perlu ditambah batu kapur. Dalam *smelting* ini sebagiannya terdapat pengotor, misalnya Fe ikut tereduksi dan berikatan dengan Sn dan terbawa bersama lelehan Sn (kadar sekitar 99,80%). Karena *slag* peleburan pertama masih mengandung Sn relatif tinggi, maka perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut untuk mendapatkan Sn kembali [1].

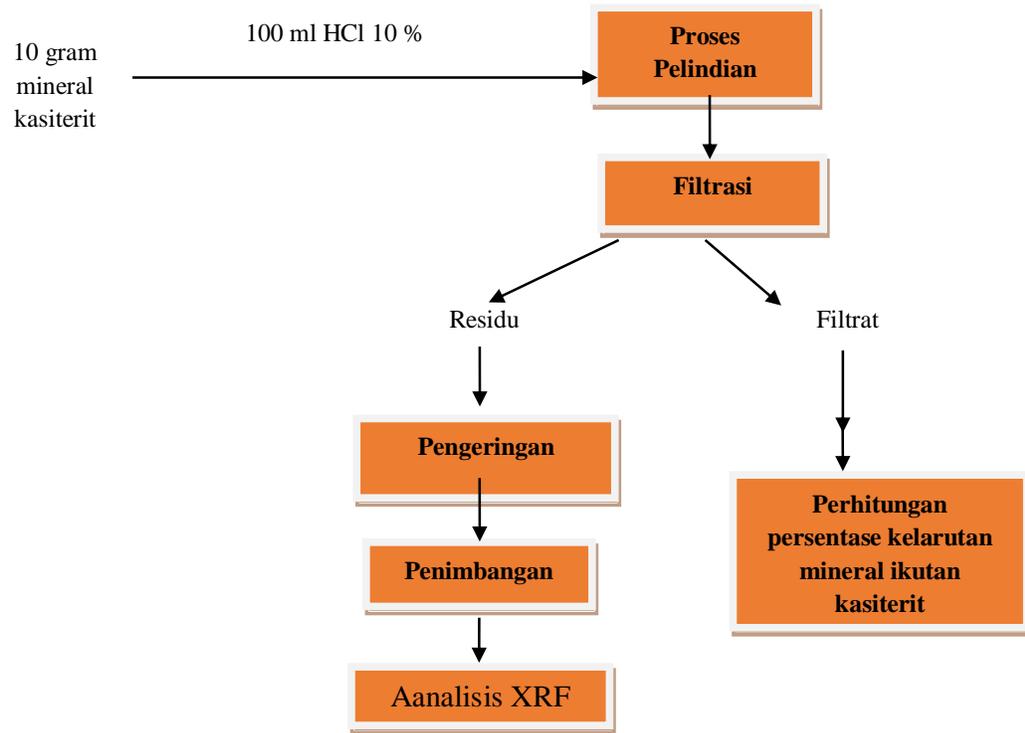
Fokus penelitian adalah memurnikan mineral kasiterit dimana kandungan timahnya banyak dimanfaatkan untuk aplikasi *tin chemical*. Mineral kasiterit mengandung mineral utama SnO_2 dan mineral ikutan diantaranya kwarsa, ilmenit, monazit, rutil dan zircon [2][5]. Untuk memperoleh SnO_2 dengan kemurnian tinggi maka kadar mineral-mineral ikutan tersebut harus diminimalisir. Pada kegiatan ini akan dilakukan percobaan pelarutan mineral kasiterit menggunakan asam lemah HCl dengan memvariasi waktu dan temperatur proses pelarutan.

Proses pemurnian kasiterit dari mineral ikutannya dapat dilakukan dengan proses pelindian (*leaching*). Namun untuk memperoleh kasiterit dengan kemurnian tinggi sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan yaitu bisa diatas 90%, terdapat banyak faktor yang mempengaruhinya, terutama pada proses pelarutan. Beberapa penelitian terdahulu dilakukan diantaranya: pada proses *leaching*, kasiterit dipanggang pada suhu 90°C selama 120 menit dengan menggunakan pelarut HCl 25% untuk menghilangkan elemen pengotor utama, termasuk Fe, As, S, Pb, dan Sb. Dari hasil ditemukan bahwa SnO_2 tidak bereaksi dan tidak larut dalam asam klorida [6]. Lalasari dkk (2020) menjelaskan SnO_2 yang merupakan mineral utama kasiterit adalah hampir stabil dalam larutan asam kuat pekat dan yang terlarut diprediksi adalah mineral ikutan dari kasiterit [7]. Firdiyono et al (2018) melarutkan elemen Ce, Nd, Y dan La dari kasiterit menggunakan pelarut asam klorida, asam sulfat dan sodium hidroksida. Elemen tersebut adalah penyusun mineral monazit yang merupakan mineral ikutan dalam kasiterit [8]. Peng et al (2017) mencoba memisahkan mineral ikutan zirkon dari kasiterit dengan teknik flotasi menggunakan reagen sodium oleat [9]. Oyendika (2012) melakukan pelarutan mineral ikutan dari mineral kasiterit Nigeria menggunakan microwave [5].

Pada penelitian ini dilakukan investigasi yang sistematis untuk memperoleh kondisi proses yang optimum dan efisien. Variasi yang digunakan adalah waktu dan temperatur pelindian untuk menghilangkan elemen pengotor atau mineral ikutan dari mineral utamaya kasiterit (SnO_2) menggunakan asam HCl encer.

METODOLOGI

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah mineral kasiterit dari Kepulauan Bangka, Indonesia, larutan HCl 10%, dan akuades. Larutan HCl berfungsi melarutkan mineral ikutan atau pengotor-pengotor pada mineral kasiterit sehingga diharapkan kandungan SnO_2 memiliki kemurnian tinggi. Peralatan yang digunakan adalah neraca digital, labu ukur, corong penyaring dan reaktor labu leher tiga yang dilengkapi dengan pengaduk. Tahapan penelitian meliputi preparasi bahan dan proses pelindian. Dalam tahap preparasi : mineral kasiterit dihaluskan hingga -100 mesh kemudian dilakukan analisis *X-ray Fluorescence* (XRF) secara kuantitatif, untuk mengetahui komposisi kimia dari kasiterit. Sedangkan pelarut selektif HCl dipersiapkan dari larutan HCl 37% (pekat) dilakukan pengenceran sampai diperoleh konsentrasi HCl 10%. Tahap pelindian meliputi :**1.** Mengambil 10 gram mneral kasiterit kemudian dilarutkan menggunakan HCl 10% dalam wadah labu leher tiga; **2.** Proses pelarutan dilakukan dengan variasi temperatur 35°C , 50°C , 70°C , 90°C , 110°C pada kecepatan pengadukkan 300 rpm. Proses juga dilakukan dengan pergantian variasi waktu 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam, dan 6 jam; **3.** Kasiterit yang telah mengalami proses pelindian, disaring menggunakan kertas saring whatman No. 42 sehingga diperoleh filtrat pelindian dan residu kasiterit; **4.**Residu dinetralkan menggunakan akuades kemudian residu diletakkan di atas nampan dan dikeringkan di dalam oven (*muffle furnace*) dan dipanaskan pada suhu 110°C selama 2 jam; **5.** Setelah residu kering, kemudian dilakukan penimbangan dan dianalisis XRF. Hitung pengurangan berat residu dengan massa kasiterit awal. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

(a) Karakterisasi mineral kasiterit awal dengan XRF

Analisis *X-ray Fluorescence* (XRF) secara kuantitatif, untuk mengetahui persentase komposisi komponen komponen yang terkandung dalam mineral kasiterit, Bangka – Indonesia. .Komposisi kimia mineral kasiterit ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia mineral kasiterit (dalam persen berat)

Formula	Kadar (%)	Formula	Kadar (%)
Sn	57.82	Ti	1.45
O	23.39	Ca	0.63
La	3.43	W	0.62
Ce	3.37	Al	0.52
Nd	2.18	Pr	0.51
Fe	1.79	Si	0.45
P	1.68	Cl	0.37

Dari hasil analisis dengan menggunakan XRF yang ditunjukkan pada Tabel 1, diketahui bahwa pada kandungan tertinggi mineral kasiterit adalah Sn sebesar 57,72% yang merupakan mineral utama dari kasiterit, sedangkan elemen ikutannya diantaranya 3,43% lantanum (La), 3, 37% cerium (Ce), 2,18% Neodymium (Nd), 1,79% besi (Fe), 1,45% titanium (Ti), 0,63 % kalsium (Ca) dan lainnya.

(b) Pengaruh waktu terhadap kelarutan mineral ikutan kasiterit

Untuk mempelajari pengaruh waktu proses terhadap kelarutan mineral ikutan kasiterit, dilakukan pelarutan 10 gram kasiterit dalam 100 ml larutan HCl 10% selama 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 jam dalam berbagai temperatur. Data penelitian dan pengolahannya dapat ditunjukkan Tabel 2,3,4,5 dan 6.

Tabel 2. Pengaruh waktu terhadap kelarutan mineral ikutan kasiterit pada temperatur 35 °C

Waktu (menit)	Massa padatan (gram)	Massa terlarut (%)
60	9,86	1,4
120	9,45	5,5
180	9,48	5,2
240	9,75	2,5
300	9,55	4,5
360	9,61	3,9

Tabel 3. Pengaruh waktu terhadap kelarutan mineral ikutan kasiterit pada temperatur 50 °C

Waktu (menit)	Massa padatan (gram)	Massa terlarut (%)
60	9,71	2,9
120	9,51	4,9
180	9,69	3,1
240	9,74	2,6
300	9,74	2,6
360	9,51	4,9

Tabel 4. Pengaruh waktu terhadap kelarutan mineral ikutan kasiterit pada temperature 70°C

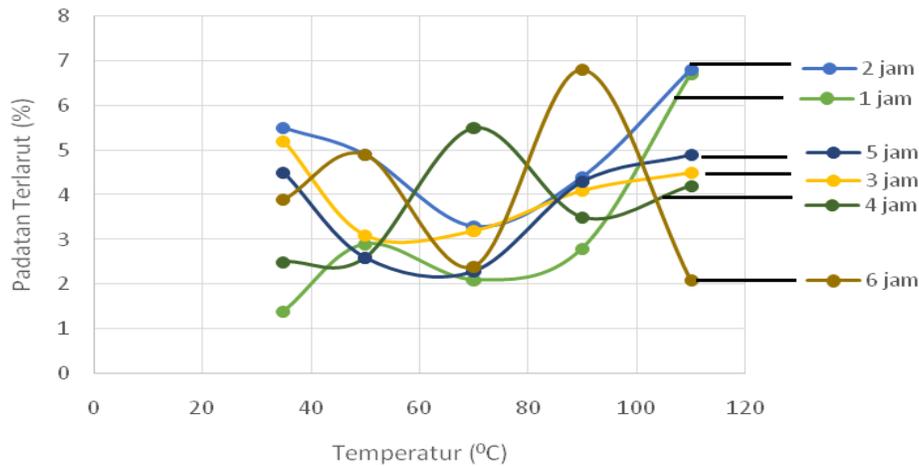
Waktu (menit)	Massa padatan (gram)	Massa terlarut (%)
60	9,79	2,1
120	9,67	3,3
180	9,68	3,2
240	9,45	5,5
300	9,77	2,3
360	9,76	2,4

Tabel 5. Pengaruh waktu terhadap kelarutan mineral ikutan kasiterit pada temperatur 90°C

Waktu (menit)	Massa padatan (gram)	Massa terlarut (%)
60	9,72	2,8
120	9,56	4,4
180	9,58	4,2
240	9,65	3,5
300	9,57	4,3
360	9,22	6,8

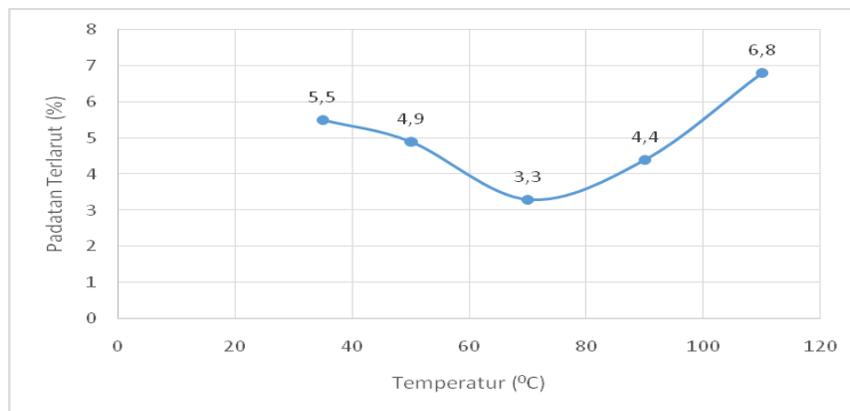
Tabel 6. Pengaruh waktu terhadap kelarutan mineral ikutan kasiterit pada temperatur 110°C

Waktu (menit)	Massa padatan (gram)	Massa terlarut (%)
60	9,33	6,7
120	9,32	6,8
180	9,55	4,5
240	9,58	4,2
300	9,51	4,9
360	9,79	2,1



Gambar 2. Pengaruh waktu terhadap kelarutan mineral ikutan kasiterit pada berbagai temperatur

Gambar 2 merupakan pengaruh waktu terhadap kelarutan mineral ikutan kasiterit pada berbagai temperatur. Gambar 2 menunjukkan kelarutan mineral ikutan kasiterit pada berbagai waktu pelarutan tidak linier. Kelarutan mineral ikutan kasiterit maksimum terdapat di titik waktu 2 jam dengan presentase hasil 6,8%. Sebelum itu, kelarutan kasiterit mengalami penurunan namun tidak signifikan. Kelarutan mineral ikutan kasiterit pada waktu 2 jam dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kelarutan mineral ikutan kasiterit pada waktu 2 jam

Hasil kelarutan mineral ikutan kasiteri pada waktu di atas 2 jam mengalami sedikit penurunan namun juga terjadi kenaikan setelah melewati titik minimum. Hal ini diakibatkan oleh penurunan elemen penyusun kasiterit, beberapa diantaranya mengalami oksidasi. Hal ini bisa terjadi mengingat terdapat banyak kandungan air berlebih selama proses pelindian sehingga oksigen terlarut semakin banyak pada kondisi atmosferik. Adanya interaksi oksigen dalam sistem dimungkinkan elemen ikutan kasiterit mengalami oksidasi sehingga ikut terpresipitasi kembali bersama mineral utamanya kasiterit (SnO_2).



Gambar 4. Filtrat hasil pelindian pada temperatur 110 °C berbagai waktu pelarutan

Pada Gambar 4 terlihat warna filtrat adalah hijau pekat. Mengacu pada penelitian Lalasari, et al [7][10] menjelaskan bahwa besi bersifat tidak stabil dalam larutan asam sehingga kelarutan besi lebih besar dibanding dengan titanium, silikon, dan timah. Warna hijau pekat mengindikasikan banyaknya kandungan besi yang terlarut dalam larutan HCl 10%. Timah bersifat stabil dalam larutan HCl 10% sehingga tidak mudah larut.

(c) Pengaruh temperatur terhadap kelarutan mineral ikutan kasiterit

Untuk mempelajari pengaruh temperatur proses terhadap kelarutan mineral ikutan kasiterit, dilakukan pelarutan 10 gram kasiterit dalam 100 ml larutan HCl 10% pada temperatur 35 °C, 50 °C, 70 °C, 90 °C, dan 110 °C dalam berbagai waktu. Data penelitian dan pengolahannya dapat ditunjukkan Tabel 7, 8, 9, 10, 11 dan 12.

Tabel 7. Pengaruh temperatur terhadap kelarutan mineral ikutan kasiterit pada pelarutan 1 jam

Temperatur (°C)	Massa padatan (gram)	Massa terlarut (%)
35	9,86	1,4
50	9,71	2,9
70	9,79	2,1
90	9,72	2,8
110	9,33	6,7

Tabel 8. Pengaruh temperatur terhadap kelarutan mineral ikutan kasiterit pada pelarutan 2 jam

Temperatur (°C)	Massa padatan (gram)	Massa terlarut (%)
35	9,45	5,5
50	9,51	4,9
70	9,67	3,3
90	9,56	4,4
110	9,32	6,8

Tabel 9. Pengaruh temperatur terhadap kelarutan mineral ikutan kasiterit pada pelarutan 3 jam

Temperatur (°C)	Massa padatan (gram)	Massa terlarut (%)
35	9,48	5,2
50	9,69	3,1
70	9,68	3,2
90	9,58	4,2
110	9,55	4,5

Tabel 10. Pengaruh temperatur terhadap kelarutan mineral ikutan kasiterit pada pelarutan 4 jam

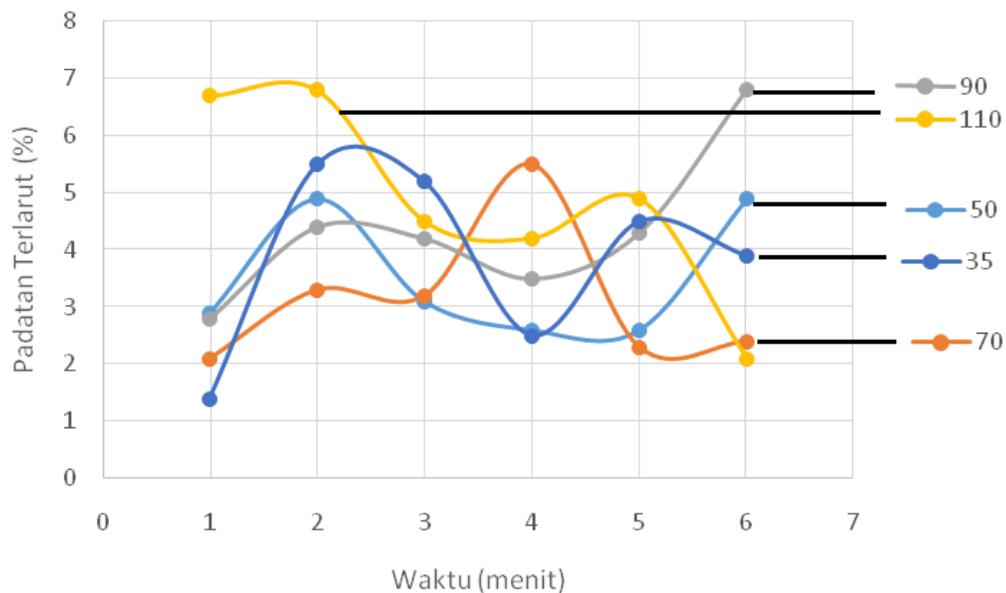
Temperatur (°C)	Massa padatan (gram)	Massa terlarut (%)
35	9,75	2,5
50	9,74	2,6
70	9,45	5,5
90	9,65	3,5
110	9,58	4,2

Tabel 11. Pengaruh temperatur terhadap kelarutan mineral ikutan kasiterit pada pelarutan 5 jam

Temperatur (°C)	Massa padatan (gram)	Massa terlarut (%)
35	9,55	4,5
50	9,74	2,6
70	9,77	2,3
90	9,57	4,3
110	9,51	4,9

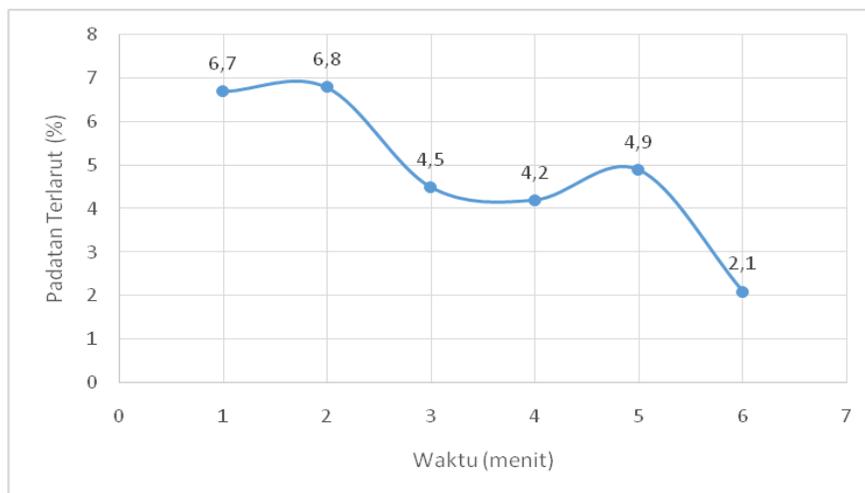
Tabel 12. Pengaruh temperatur terhadap kelarutan mineral ikutan kasiterit pada pelarutan 6 jam

Temperatur (°C)	Massa padatan (gram)	Massa terlarut (%)
35	9,61	3,9
50	9,51	4,9
70	9,76	2,4
90	9,22	7,8
110	9,79	2,1



Gambar 5. Pengaruh temperatur terhadap kelarutan mineral ikutan kasiterit pada berbagai waktu proses pelindian

Gambar 5 menunjukkan pengaruh temperatur terhadap kelarutan mineral ikutan kasiterit. Pada gambar tersebut terlihat jumlah padatan terlarut paling banyak terdapat pada temperatur 110°C yaitu sebanyak 6,8%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Kelarutan mineral ikutan kasiterit pada temperatur 110 °C

Sama halnya dengan Gambar 3, hasil yang diperoleh tidak linier. Terdapat penurunan hasil setelah optimum 2 jam. Faktor yang sama pada Gambar 3 dapat terjadi. Hasil yang tidak linier dalam percobaan ini juga dapat diakibatkan oleh residu hasil proses pelindian meningkat jumlahnya karena elemen pengikat kasiterit teroksidasi dan terpresipitasi bersama mineral utamanya SnO₂. Hasil akurat dapat diperoleh dari uji XRF.



Gambar 7. Perubahan warna filtrat pada berbagai temperatur

Pada gambar 7 terlihat bahwa warna filtrat adalah hijau. Pada temperatur 70°C dan 90°C, filtrat berwarna lebih pekat. Menurut Lalasari, *et al.* (2015) [10], kelarutan maksimum besi terjadi pada range 70-90°C yaitu diatas 90%. Pada suhu lebih rendah dari 70°C, elemen besi dari kasiterit tidak terlarut namun di atas 90°C kelarutan besi menurun karena efek oksidasi lanjut sehingga besi lebih stabil dalam oksidanya, sedangkan titanium dan silikon mulai terlarut tidak signifikan yaitu dibawah 1%.

(d) Karakterisasi residu hasil proses pelindian dengan XRF

Untuk mengetahui kelarutan mineral ikutan kasiterit menggunakan larutan HCl 10 % (encer) maka dilakukan karakterisasi XRF pada residu hasil proses pelindian yang ditunjukkan pada Tabel 13.

Tabel 13. Komposisi kimia residu hasil prose pelindian menggunakan larutan HCl 10% (dalam persen berat)

Elemen	Kadar (%)		
	35 °C (2 jam)	110 °C (1 jam)	110 °C (2 jam)
Ti	1.22	1.26	1.38
Si	0.38	0.39	0.27
La	2.12	1.97	2.12
Fe	1.22	1.12	1.18
Ce	2.03	1.94	2.03
Sn	64.72	65.54	66.14

Apabila dibandingkan antara karakterisasi mineral kasiterit awal (Tabel 3) dan residu hasil proses pelindian (Tabel 13) terlihat bahwa larutan asam klorida 10% mampu melarutkan mineral ikutan dari kasiterit. Dari Tabel 13 dapat dilihat bahwa pengotor seperti besi, lanthanum, cerium, titanium dan silika merupakan pengotor dengan jumlah besar dalam kasiterit. Setelah dilakukan proses *leaching* presentase timah dalam kasiterit meningkat.

Kadar Sn sebesar 64-66% dengan presentase SnO₂ sebesar 82-83%. Hasil yang didapat belum maksimum dikarenakan konsentrasi asam klorida yang digunakan sebagai pelarut selektif adalah rendah yaitu larutan HCl 10%.

Uji XRF (Tabel 13) menunjukkan pelarutan pada temperatur 110°C mampu melarutkan pengotor dalam jumlah besar. Ditunjukkan dengan presentase pengotor pada Tabel 3 dengan kenaikan kadar Sn. Suhu 110°C merupakan suhu maksimum dalam percobaan ini. Suhu yang tinggi mampu meningkatkan jalannya reaksi kimia pada proses pelindian. Namun pada suhu 35°C, kandungan Sn mengalami peningkatan. Suhu 35°C merupakan suhu minimum dalam percobaan, namun pada suhu ini asam klorida mampu melarutkan pengotor dalam jumlah besar.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut: larutan asam klorida encer (HCl) 10%) mampu melarutkan mineral ikutan (pengotor) dari kasiterit sekitar 40%. Pengotor seperti besi, lantanum, cerium, titanium, silikon merupakan pengotor dengan jumlah besar dalam kasiterit. Setelah dilakukan proses *leaching* presentase timah dalam kasiterit meningkat. Kadar Sn sebesar 64-66% dengan presentase SnO₂ sebesar 82-83%. Waktu optimal yang disarankan untuk menghilangkan mineral ikutan kasiterit menggunakan larutan HCl encer adalah 2 jam karena mampu melarutkan pengotor dan temperatur optimal yang disarankan adalah 110°C. Pada temperatur ini diperoleh kelarutan maksimum pengotor terutama besi. Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan melakukan perlakuan awal pada mineral kasiterit menggunakan aditif dan atau proses pirometalurgi. Proses perlakuan awal dilakukan untuk meningkatkan kelarutan mineral ikutan dari kasiterit sebelum dilakukan proses pelindian (*leaching*) menggunakan larutan HCl encer.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H Djameluddin; Meinarni Thamrin; Alfajrin Achmad, "Potensi dan prospek peningkatan nilai tambah mineral logam di Indonesia (suatu kajian terhadap upaya konservasi mineral)," *Pros. Has. Penelit. Fak. Tek.*, pp. 1–13, 2012.
- [2] G. Onyedika, Z. Peng, and B. Li, "Mineralogical Characterization of Kuru Cassiterite Ore by SEM-EDS , XRD and ICP Techniques," *J. Miner. Mater. Charact. Eng.*, vol. 10, no. 9, pp. 855–863, 2011.
- [3] M. Batzill and U. Diebold, "The surface and materials science of tin oxide," vol. 79, pp. 47–154, 2005.
- [4] A. Suharyanto and L. H. Lalasari, "POTENSI MINERAL KASITERIT INDONESIA SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN SENYAWA KIMIA TIMAH (TIN CHEMICAL)," *jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek*, vol., no. November, pp. 1–6, 2016.
- [5] G. Okwuch. ONYEDIKA, "MICROWAVE - ASSISTED HYDROMETALLURGICAL BENEFICIATION OF A CASSITERITE ORE IN KURU , NIGERIA," Federal University of Technology, Owerri, 2012.
- [6] Peter A. Wright, *Extractive Metallurgy of Tin*. Elsevier Scientific Publishing Company, 1982.
- [7] L. H. Lalasari *et al.*, "The dissolution of cassiterite Indonesia using hydrometallurgical process in the aerated reactor The Dissolution of Cassiterite Indonesia Using Hydrometallurgical Process in The Aerated Reactor," *AIP Conf. Proc.* 2232, vol. 040001, no. April, 2020.
- [8] F. Firdiyono; *et al.*, "Preliminary Study on the Dissolutions of Ce , Nd , Y and La from Mineral Cassiterite by Acid and Alkaline Leaching Preliminary Study on the Dissolutions of Ce , Nd , Y and La from Mineral Cassiterite by Acid and Alkaline Leaching," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 333, no. 012040, pp. 1–8, 2018.
- [9] H. Peng *et al.*, "Study on the Effect of Fe 3 + on Zircon Flotation Separation from Cassiterite Using Sodium Oleate as Collector," *Minerals*, vol. 7, no. 108, pp. 1–18, 2017.
- [10] L. H. Lalasari;, Y. D. R., A. Suharyanto, and F. Firdiyono, "Characterization and dissolution of Cassiterite-Indonesia mineral in various concentrations of hydrochloric acid," *Proceeding 2nd Int. Conf. Mater. Metall. Technol. 2015 (ICOMMET 2015)*, pp. 375–379, 2015.