

# Studi Pemanfaatan Limbah Terak Timah 2 Bangka Sebagai Sumber Sekunder Unsur Skandium

Wahyu Kartika<sup>1</sup>, Rafdi Abdul Majid<sup>2</sup>, Dovina Navanti<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, [wahyukartika66@gmail.com](mailto:wahyukartika66@gmail.com)

<sup>2</sup>Universitas Muslim Indonesia Makassar, [rafdi.abdulmajid@umi.ac.id](mailto:rafdi.abdulmajid@umi.ac.id)

<sup>3</sup>Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, [dovina\\_navanti@yahoo.com](mailto:dovina_navanti@yahoo.com)

**ABSTRAK** - Terak timah (*tin slag*) adalah sisa dari pengolahan timah yang mengandung radioaktif dan cenderung menjadi limbah karena pemanfaatannya yang belum maksimal. Studi ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah terak timah sebagai sumber sekunder unsur skandium sehingga pemanfaatannya dapat meminimalkan risiko paparan radioaktif terhadap lingkungan. Skandium banyak digunakan sebagai solid oxide fuel cells (SOFC's) dapat menyebabkan reaksi terjadi pada temperatur yang lebih rendah, dalam bidang metalurgi sebagai paduan kekuatan tinggi aluminium, dalam bidang keramik penambahan skandium karbida akan meningkatkan kekerasan, lampu metal halida dengan intensitas tinggi, elektronik, dan penelitian laser. Penelitian ini menggunakan sampel terak timah 2 Bangka (TTB). Pada tahap awal TTB dipanaskan sampai suhu 900°C, lalu dicelupkan ke dalam air, dikeringkan dan di ayak (terak timah 2 Bangka yang dipanaskan, dicelup ke dalam air dan di ayak, disebut TTB-PCA). Studi pertama, TTB-PCA yang dilarutkan ke dalam asam florida (disebut kode sampel F) dan studi kedua, TTB-PCA dilarutkan ke dalam HCl kemudian dilarutkan ke dalam NaOH (disebut kode sampel AB). TTB, TTB-PCA, kode sampel F dan AB dilakukan karakterisasi dengan X-Ray Fluorescence (XRF). Hasil karakterisasi memperlihatkan kadar skandium di dalam TTB sebesar 319 ppm dan kadar skandium tertinggi pada TTB-PCA dengan ukuran butir 200 mesh sebesar 804 ppm. Pada penelitian digunakan software HSC Chemistry 6 sebagai pendukung diskusi termodinamika.

**Kata Kunci:** terak timah Bangka, software hsc chemistry 6, limbah padat, skandium, pelarutan

**ABSTRACT** - *Tin slag is the waste of tin processing that contains radioactive and tends to become waste due to its not maximal utilization. This study aims to utilize waste tin slag as a secondary source of scandium element so that its utilization can minimize the risk of radioactive exposure to the environment. Scandium widely used as solid oxide fuel cells (SOFC's) can cause reactions to occur at lower temperatures, in the field of metallurgy as high-strength aluminum alloys, in the field of ceramic addition of scandium carbide will increase hardness, metal halide lamps with high intensity, electronics, and laser research. This research used Bangka tin slag 2 (TTB), the initial stage of TTB was roasted to 900°C, then water quenched, dried and sieved (TTB roasted, water quenched and sieved, called TTB-PCA). The first study, TTB-PCA dissolved into fluoride acid (called code sample F) and a second study, TTB-PCA dissolved into HCl and then dissolved into NaOH (called AB code sample). TTB, TTB-PCA, sample code F and AB are characterized by X-Ray Fluorescence (XRF). The characterization results show scandium content in TTB of 319 ppm and the highest scandium content in TTB-PCA with grain size of 200 mesh of 804 ppm. In the study used HSC Chemistry 6 software as a supporter of thermodynamic discussion.*

**Keywords:** *bangka tin slag, hsc chemistry 6 software, solid waste, scandium, dissolution*

*Naskah diterima : 11 April 2018, Naskah dipublikasikan : 15 Januari 2019*

## PENDAHULUAN

Skandium yang berasal dari bijih tambang diperoleh dari jenis mineral Bazzite, Cascandite, Jervisite, Juonnite, Kolbeckite, Magbasite, Pretulite, Scandiobabingtonite, thortveitite, Titanowodginite dan Heftetjernite (Duyvesteyn & Putman, 2014). Sumber skandium dapat diperoleh dari bijih tambang : nikel (Butt & Cluzel, 2013; Harris, White, Jansen, & Pursell, 2006; Wang, Pranolo, & Cheng, 2011), logam tanah jarang (LTJ), uranium, aluminium, titanium dan zirkonium, tungsten dan timah putih, tantalum dan niobium dan *scrap* paduannya (Wang et al., 2011). Perolehan skandium dari larutan pelindian *red mud* sintesis pada proses *solvent extraction* dengan menggunakan di-2-ethylhexyl phosphoric acid (D2EHPA) (Wang, Pranolo, & Cheng, 2013). Secara global cadangan skandium terdapat di negara : Australia, China, Madagascara, Norwegia, Kazakhstan, Russia, and Ukraina (Merchant Research & Consulting Ltd, 2016).

Proses ekstraksi skandium telah diinformasikan sejak tahun 1978 sampai 1991 (Shaoquan & Suqing, 1996). Teknologi separasi dan purifikasi skandium dapat dilakukan juga dengan menggunakan *solvent extraction*, *ion exchange* dan *liquid membrane* (Wang & Cheng, 2011).

Kegunaan skandium adalah sebagai *solid oxide fuel cells* (SOFC's) dapat menyebabkan reaksi terjadi pada suhu yang lebih rendah, dalam bidang metalurgi sebagai paduan kekuatan tinggi aluminium, dalam bidang keramik penambahan skandium karbida akan meningkatkan kekerasan, lampu metal halida dengan intensitas tinggi, elektronik, dan penelitian laser (Duyvesteyn & Putman, 2014).

Kandungan skandium dari beberapa sumber diinformasikan sebagai berikut : bijih skandium Madagaskar 42.6% (Wang et al., 2011), kandungan skandium pada deposit nikel and kobalt di Syerston and Lake Innes, NewSouth Wales memiliki kadar 76 ppm dan 130-370 ppm masing-masing, pada bijih tambang logam tanah jarang (LTJ) memiliki kadar 20-50 ppm, bijih tambang aluminium memiliki kadar 0.001-0.80%  $Sc_2O_3$ , bijih

magneto-vana-ilmenite (ilmenite dengan kadar tinggi vanadium) di Panzhihua, China, mengandung kadar 0.002–0.004%  $Sc_2O_3$ , kandungan skandium pada residu wolframite memiliki kadar 0.04–0.06%, deposit niobium di area Russian Arctic mengandung  $Sc_2O_3$  dengan kadar tinggi antara 0.1–0.3% dan pada peleburan paduan tinggi skandium magnesium *alloy* mengandung 86% Mg and 14% Sc. Komposisi rata-rata paduan Mg–Sc *alloy* mengandung 64–77% Mg, 12–23% Sc dan 1–1.6% Fe (Wang et al., 2011).

Pada proyek pertambangan skandium di Scandium International Mining Corp. New South Wales-Australia diinformasikan kadar terukur 5.7 Mt memiliki kadar 256 ppm Sc/t dan kadar terindikasi 11.2 Mt dengan kadar 225 ppm Sc/t (Merchant Research & Consulting Ltd, 2016).

Telah diinformasikan studi perolehan dan penentuan kadar skandium dari terak timah (Cha, Jung, And, & Kim, 1990). Indonesia sebagai produsen timah nomor dua terbesar di dunia, memiliki produk sampingan dari produksi timah, berupa terak timah (*tin slag*) (Permana, Soedarsono, Rustandi, & et.al, 2016). Terak timah yang mempunyai bentuk yang tajam kasar dan kubikal merupakan bahan yang banyak tertimbun dan cenderung menjadi limbah, karena pemanfaatannya masih relatif kecil dan belum maksimal. Bila dibiarkan terus menerus limbah tersebut akan bertambah banyak dan dapat berpotensi memberikan dampak negatif bagi kesehatan masyarakat dan mencemari lingkungan. Hal ini disebabkan karena terak timah mengandung zat radioaktif (Melita & Gunawan, 2015).

Hasil samping peleburan pertama bijih timah adalah terak timah 1. Kandungan timah pada terak 1 masih berkisar antara 20~30%, maka terak timah 1 dilebur kembali ke dalam *reverberatory furnace* dan menghasilkan hasil samping terak timah 2. Hasil karakterisasi XRF Terak timah 2 memiliki kandungan skandium. Potensi perolehan TTB dibandingkan dengan jumlah produksi timah sekitar 10 % (Sulaiman, 1993), jika produksi timah sekitar 35.000 ton/tahun (Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber

Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2013) maka akan dihasilkan TTB sekitar 3.500 ton/tahun. Karakterisasi terak timah dari Butterworth dengan *energy dispersive X-ray fluorescence* (EDXRF), memperlihatkan kadar uranium 60 ppm dan thorium 160 ppm (Meor Yusoff M.S. & Muslimin, 2007).

Di dalam TTB terdapat juga kandungan uranium dan thorium, sehingga proses peningkatan kadar suatu unsur pada TTB akan menyebabkan peningkatan kadar uranium dan thorium. Hal ini tentu akan meningkatkan resiko penanganan, eksposur dan bahaya pengolahan proses unsur radioaktif tersebut. *IAEA safety standards* menetapkan keselamatan transportasi dari material radioaktif jika konsentrasinya melebihi 0,5 Bq/g (IAEA, 2012). Regulasi yang dikeluarkan oleh kepala BAPETEN No.16 tahun 2013 tentang nilai konsentrasi aktivitas radio-nuklida deret uranium dan thorium diizinkan di bawah 1 Bq/g atau setara dengan 3 ppm uranium dan 10 ppm thorium (Anggraini, 2016).

Beberapa penelitian sebelumnya memperlihatkan potensi TTB sebagai sumber sekunder logam kritis. Proses pemisahan unsur radioaktif dan unsur logam tanah jarang dalam TTB menunjukkan bahwa unsur-unsur tersebut dapat dipisahkan melalui tiga tahap proses: tahap pertama adalah peleburan basa pada 700°C dengan NaOH, tahap kedua *leaching* dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan tahap akhir adalah pengendapan dengan H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> disertai dengan penambahan NH<sub>4</sub>OH. Hasil analisis *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrophotometer* (ICP-OES) menunjukkan bahwa pemisahan optimal dari uranium dan thorium terjadi pada kondisi reaksi uranium-thorium sulfat dengan penambahan 2,4 mmol H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan 32,15 mmol NH<sub>4</sub>OH (Anggraini, 2016). Limbah dari hasil pencucian bijih timah dan terak dari hasil peleburan timah di propinsi Bangka dan Belitung-Indonesia telah dilakukan karakterisasi dan berpotensi sebagai sumber logam kritis (Konopka, Zglinicki, & Marciniak-maliszewska, 2013). Untuk meningkatkan kadar logam tanah

jarang telah dilakukan pelindian pada TTB dengan fusi alkali (Trinopiawan, Mubarak, Mellawati, & Ani, 2016). Studi TTB sebagai sumber sekunder Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> telah berhasil meningkatkan kadar (Ta,Nb)<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dari 0.97 % menjadi 2.00 % (Permana et al., 2016).

Tujuan umum penelitian ini adalah memanfaatkan TTB sebagai sumber sekunder skandium sehingga dapat mengurangi paparan radiaktifnya, sedangkan tujuan khusus penelitian ini adalah mengkarakterisasi kadar skandium pada : TTB, TTB-PCA, sampel kode F dan sampel kode AB, menetapkan perlakuan yang memiliki hasil skandium yang tinggi.

## LANDASAN TEORI

Metalurgi ekstraksi banyak melibatkan proses-proses kimia seperti pelindian yang menggunakan temperatur rendah maupun proses peleburan yang menggunakan temperatur tinggi untuk menghasilkan logam dengan kemurnian tertentu. Proses tersebut dinamakan juga metalurgi kimia.

Proses-proses dari metalurgi ekstraksi terdiri dari (1) *pyrometallurgy*, proses ekstraksi yang dilakukan pada temperatur tinggi (2) *hydrometallurgy*, proses ekstraksi yang dilakukan pada temperatur yang relatif rendah dengan cara pelindian dengan media cairan dan (3) *electrometallurgy*, proses ekstraksi yang melibatkan penerapan prinsip elektrokimia, baik pada temperatur rendah maupun pada temperatur tinggi.

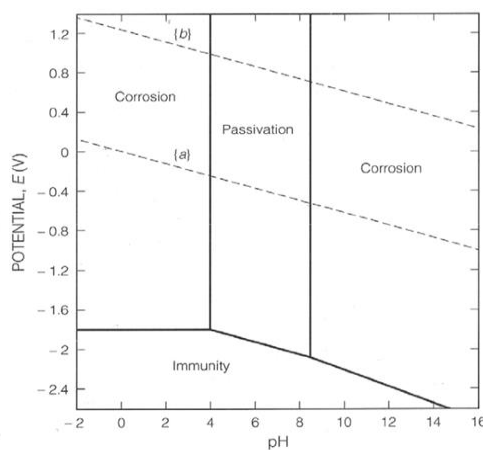
Pada proses *hydrometallurgy* diterapkan termodinamika untuk memprediksikan ketahanan korosi material. Dia menentukan hubungan stabilitas fasa pada variasi nilai pH dan Eh untuk sistem interaksi dari logam dan pelarut air atau larutan encer (*dilute aqueous solution*). Memaparkan area stabilitas logam dan fasa sekunder (misalnya logam oksida/hidroksida) pada diagram pH-Eh yang dikenal dengan pourbaix diagram.

Diagram pourbaix adalah jenis diagram fasa yang menunjukkan batas-batas stabilitas untuk sistem interaksi logam-air (*aqueous*). Batas-batas fase diperlihatkan sebagai fungsi dari pH (keasaman) dan Eh (hidrogen

potensial elektronik standar). Fase larutan selalu hadir dalam sistem tersebut. Pada pH tertentu dan Eh, logam mungkin kehilangan stabilitas pada larutan atau larutan korosif (*corrosive aqueous solution*), atau berada dalam kesetimbangan dengan salah satu larutan aqueous (larut/kebal) atau dengan fasa sekunder yang telah terbentuk (terdiri dari oksida, hidroksida, sulfida atau padatan lainnya).

Spesifikasi dan bagian dari larutan encer (aqueous solution) dan interaksi fasa tidak hanya tergantung pada pH dan Eh, tetapi juga beberapa faktor lain misalnya *bulk composition*, suhu, dan tekanan pada sistem. Interaksi fasa memungkinkan campuran gas, *stoichiometric solids* atau *solid solutions* (Stockholm, 2014).

Pada Gambar 1 diagram pourbaix terdiri dari tiga area yaitu kekebalan, korosi, dan pasif yang memberikan informasi stabilitas logam atau paduan pada lingkungan elektrokimia di bawah kondisi pH, Eh, tekanan dan suhu. (1) Area imun adalah area yang tidak terdapat logam larut (2) Area korosif adalah area yang terdapat kelarutan logam aktif, dan (3) Area pasif adalah area yang terlindungi oleh lapisan logam-oksida dari kelarutan logam.



Gambar 1. Contoh Ep-pH Diagram

Untuk membuat diagram pourbaix diperlukan pertimbangan terhadap semua jenis padatan dan larutan misalnya logam, oksida, hidrida, hidroksida, dan jenis ion terlarut. Batas garis memisahkan dua domain yang mewakili kesetimbangan antara species

yang ada pada sistem dan dihubungkan berdasarkan data termokimia yang tersedia pada kondisi yang diinginkan [5,6]. Sedangkan koleksi diagram pourbaix untuk sistem M-H<sub>2</sub>O standar, suhu, dan tekanan (298, 15 K, 1 atm) dipublikasikan pada Atlas of Electrochemical Equilibria in aqueous solutions (Science, 2005).

**Konsep pH dan pOH**

Derajat keasaman (pH) digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Keasaman disini adalah konsentrasi ion hidrogen dalam pelarut air. Nilai pH berkisar dari 0 hingga 14. Derajat atau tingkat keasaman larutan bergantung pada konsentrasi H<sup>+</sup> dalam larutan. Semakin besar konsentrasi ion H<sup>+</sup> makin asam larutan.

Nilai pH 7 dikatakan netral karena pada air murni ion H<sup>+</sup> terlarut dan ion OH<sup>-</sup> terlarut (sebagai tanda kebasaaan) berada pada jumlah yang sama, yaitu 10<sup>-7</sup> pada kesetimbangan. Penambahan senyawa ion H<sup>+</sup> terlarut dari suatu asam akan mendesak kesetimbangan ke kiri (ion OH<sup>-</sup> akan diikat oleh H<sup>+</sup> membentuk air), akibatnya terjadi kelebihan ion hidrogen dan meningkatkan konsentrasinya.

Sorensen (1868–1939), seorang ahli kimia dari Denmark mengusulkan konsep pH untuk menyatakan konsentrasi ion H<sup>+</sup>, yaitu sama dengan negatif logaritma konsentrasi ion H<sup>+</sup>. Secara sistematis diungkapkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$pH = -\log [H^+] \tag{1}$$

Analog dengan di atas, maka :

$$pH = -\log [OH^-] \tag{2}$$

Sedangkan hubungan antara pH dan pOH adalah :

$$K_w = [H^+] [OH^-] \tag{3}$$

$$K_w = (-\log [H^+]) + (-\log [OH^-]) \tag{4}$$

Maka :

$$pK_w = pH + pOH \tag{5}$$

Pada temperatur kamar :

$$pK_w = pH + pOH = 14 \tag{6}$$

Atas dasar pengertian ini, maka :

1. Netral :  $[H^+] = 1,0 \times 10^{-7}$  M atau  $pH = 7$  dan  $[OH^-] = 1,0 \times 10^{-7}$  M atau  $pH = 7$
2. Asam :  $[H^+] > 1,0 \times 10^{-7}$  M atau  $pH < 7$  dan  $[OH^-] < 1,0 \times 10^{-7}$  M atau  $pOH > 7$
3. Basa :  $[H^+] < 1,0 \times 10^{-7}$  M atau  $pH > 7$  dan  $[OH^-] > 1,0 \times 10^{-7}$  M atau  $pOH < 7$

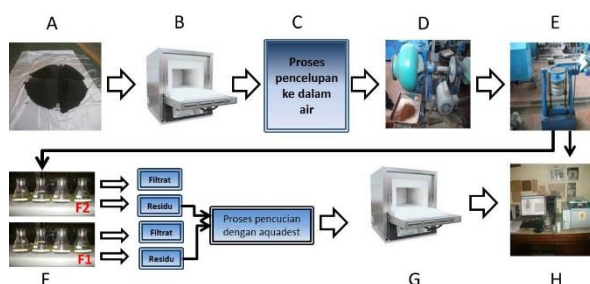
## METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat eksperimental. Terak timah yang dipakai berasal dari salah satu *smelter* timah di pulau Bangka Belitung Indonesia yang kemudian dikarakterisasi dengan XRF. Rincian metodologi dengan material dan prosedur berdasarkan referensi penelitian sebelumnya (Permana et al., 2016). Pengamatan pada penelitian ini hanya pada unsur skandium. Tabel 1 memperlihatkan kandungan skandium pada TTB hasil karakterisasi XRF dan Gambar 1 memperlihatkan skema riset yang dilakukan. Untuk pembahasan termodinamika digunakan *software HSC Chemistry 6*, terutama mengenai energi bebas Gibbs ( $\Delta G$ ) dan diagram pourbaix (Roine, Kotiranta, & et.al, 2006).

Tabel 1. Kandungan Skandium di Dalam Terak Timah 2 Bangka

Sc (ppm)	SiO <sub>2</sub> (%)	CaO (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	ZrO <sub>2</sub> (%)	UOM*
391	34.26	15.44	11.92	11.7	8.84	4.78	13.03

\*UOM = Unsur dan oksida lain minor



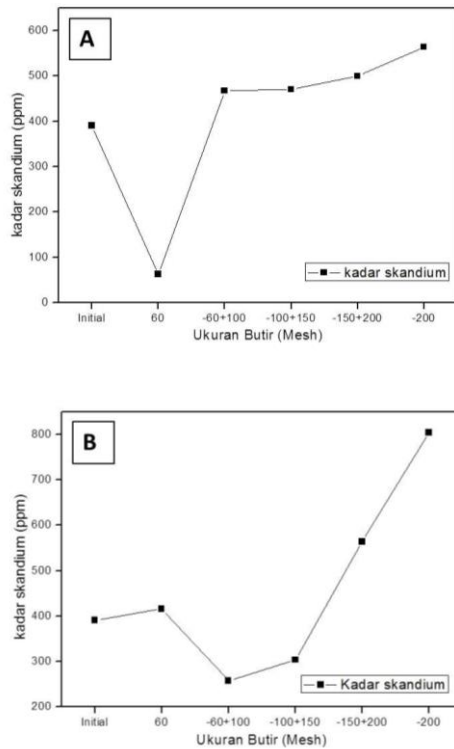
Gambar 1. Skema Riset : (A) Terak Timah 2 Bangka (B) Proses Pemanggangan (C) Proses Pencelupan ke dalam Air (D) Proses Penggerusan (E) Proses Pengayakan (F) Proses Pelarutan - F1: Pelarutan ke dalam HF - F2 : Pelarutan ke dalam HCl dan NaOH (G) Pengeringan dengan Oven (H) XRF

## PEMBAHASAN

Tujuan awal pemanggangan pada suhu  $900^{\circ}\text{C}$  dan pencelupan ke dalam air dari TTB adalah untuk meningkatkan luas permukaan bidang sentuh sehingga mengoptimalkan proses pelarutan dengan asam florida atau pelarutan dengan asam klorida yang dilanjutkan dengan sodium hidroksida.

TTB didominasi oleh kandungan oksida silikat dan oksida kalsium maka material ini termasuk ke dalam kategori senyawa keramik. Struktur senyawa keramik memiliki sifat getas sehingga dapat mengalami perpatahan sebelum deformasi terjadi, hal ini karena adanya susunan dan rambatan dari retakan pada sepanjang bidang material (Roman & New, 2010; Suharyanto, Sulistiyono, & Firdiyono, 2014; White, 2007). Proses pemanggangan pada terak timah akan menyebabkan reaksi yang berawal dari permukaan ke inti partikel, reaksi tersebut akan dikendalikan oleh difusi oksigen yang masuk dan sulfur dioksida yang keluar melalui lapisan oksida (Herliana, 2011). Proses pemanggangan akan meningkatkan porositas, terjadinya ekspansi thermal sehingga membentuk microcrack (Chang, Peng, Zhang, & Cheng, 2015), dan memperluas permukaan padatan, hal ini akan mempermudah optimalisasi proses pelarutan atau pelindian (Chang et al., 2015; Olanipekun, 2000; Suharyanto et al., 2014; Trinopiawan et al., 2016).

Gambar 2A memperlihatkan hasil karakterisasi TTB dengan XRF pada berbagai ukuran butir, TTB pada ukuran butir -200 mesh memperlihatkan kadar skandium dengan nilai 564 ppm. Pada Gambar 2B memperlihatkan hasil karakterisasi TTB-PCA dengan XRF pada berbagai ukuran butir dan pada ukuran butir -200 mesh memperlihatkan kadar skandium dengan nilai 804 ppm.



Gambar 2. (A) Grafik Kadar Skandium Pada Sampel TTB Pada Masing-Masing Ukuran Butir (B) Grafik Kadar Skandium Pada Sampel TTB-PCA Pada Masing-Masing Ukuran Butir

Radius kompleks skandium (III) lebih besar dari radius kompleks lantanida (III) (Onghena & Binnemans, 2015), sehingga terdapat kemungkinan pemanggangan pada suhu 900°C dan pencelupan ke dalam air senyawa kompleks skandium tidak mengalami retak dan terlepas. Hal ini memungkinkan kadar skandium pada ukuran butir 200 mesh menjadi tinggi.

**Pelarutan ke Dalam Asam Florida**

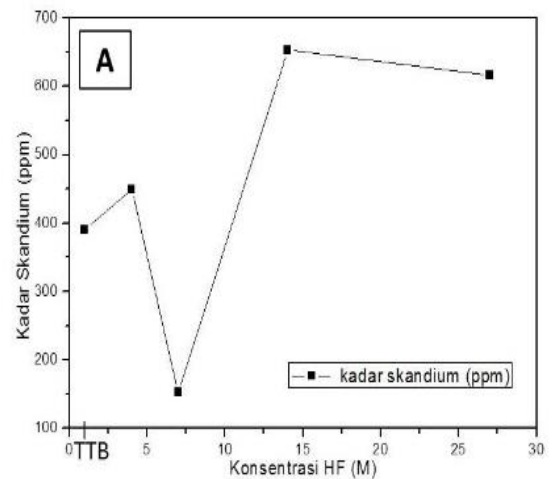
Konsentrasi asam florida pada pelarutan ini menggunakan satuan persen, konversi satuan konsentrasi HF menjadi satuan molar dan perhitungan tingkat keasamannya (pH) dijelaskan pada Tabel 2. Hasil perhitungan tabel tersebut memperlihatkan bahwa pelarutan TTB dengan konsentrasi HF 55%; 27,5%; 13,75% dan 6,876 % dikonversikan menjadi satuan molaritas dengan urutan hasil perhitungan sebagai berikut 27M; 14M; 7M dan 4 M. Konsentrasi molaritas tersebut berada pada kondisi pH -1,43; -1,15; -0,85M dan -0,48.

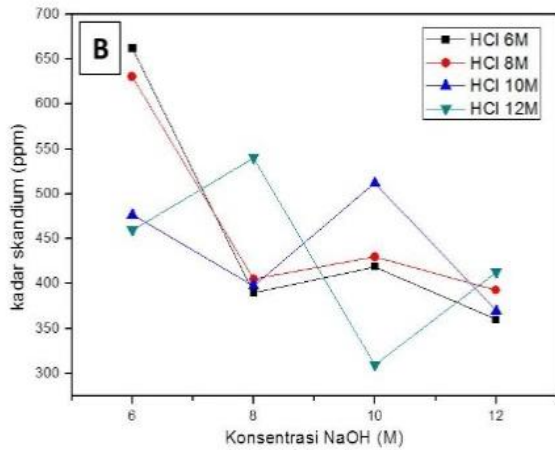
Tabel 2. Konversi Asam Florida ke Dalam Satuan Molar dan pH

No.	Asam Florida dalam satuan persen (%)	Perhitungan Massa HF = 20 Massa HF = 0,99 gram/mol	Relatif (MR) HF = 20 Jenis HF / MR HF	Asam Florida dalam satuan molar (M)	pH*
1	55			27	-1,43
2	27,5		10 x (% HF) x	14	-1,15
3	13,75		Massa Jenis	7	-0,85
4	6,875		HF / MR HF	3	-0,48

\*pH= -log C<sub>H<sup>+</sup></sub>

Setelah pelarutan TTB ke dalam asam florida, sampel dicuci dan dikeringkan, hasil karakterisasi XRF pada sampel residu diperlihatkan pada Gambar 3A. Jika dibandingkan dengan sampel TTB, hasil pelarutan dengan HF memperlihatkan kadar skandium optimal pada konsentrasi HF 14M dengan kadar skandium 653 ppm. Hasil pelarutan TTB dengan asam florida tidak memperlihatkan pola keteraturan karena peningkatan konsentrasi.





Gambar 3. (A) Grafik dari Kadar Skandium Pada Sampel Kode F (B) Grafik dari Kadar Skandium Pada Sampel Kode AB

Simulasi pelarutan skandium ke dalam asam florida dengan software HSC Chemistry 6 disajikan pada Gambar 4A grafik Eh-pH. Gambar ini memperlihatkan bahwa pada pH -1,43 sampai dengan pH -0,48 tidak terjadi perubahan senyawa oksida Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub> artinya untuk mendapatkan senyawa tersebut reaksi dapat dilakukan pada pH -0,48 atau konsentrasi HF 3 M.

**Pelarutan ke Dalam Asam Klorida Dilanjutkan ke Dalam Natrium Hidroksida**

Perhitungan pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa kondisi pelarutan TTB ke dalam asam klorida yang dilanjutkan ke dalam NaOH berada pada kondisi pH -0,78 sampai dengan 15,08.

Tabel 3. Perhitungan Tingkat Keasaman (pH) Larutan HCl dan NaOH

No.	Konsentrasi HCl (M)	pH*	Konsentrasi NaOH (M)	pH***
1.	6	-0,78	6	14,78
2.	8	-0,90	8	14,90
3.	10	-1,00	10	15,00
4.	12	-1,08	12	15,08

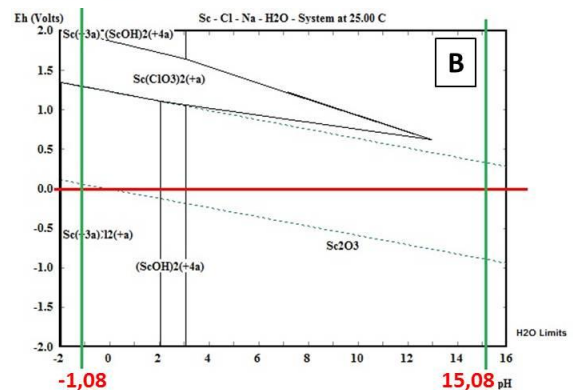
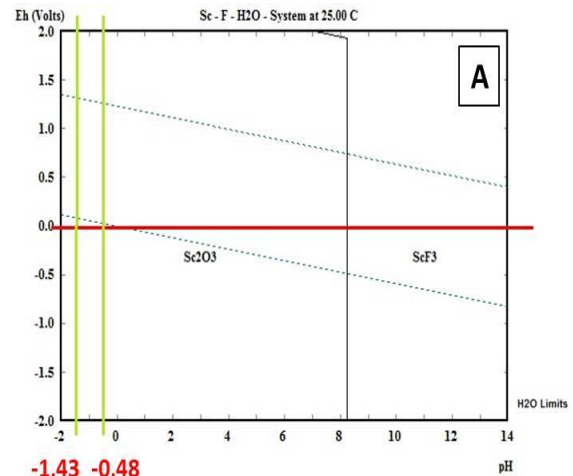
\*pH = -log C<sub>H<sup>+</sup></sub> \*\*pOH= -log C<sub>OH<sup>-</sup></sub> \*\*\* pH+pOH =

14

Setelah pelarutan TTB ke dalam asam klorida yang dilanjutkan ke dalam natrium

hidroksida, sampel dicuci dan dikeringkan, hasil karakterisasi XRF pada sampel diperlihatkan pada Gambar 3B. Hasil pelarutan ini memperlihatkan kadar skandium optimal pada konsentrasi HCl 6M yang dilanjutkan ke dalam NaOH 6M dengan kadar skandium 662 ppm. Hasil pelarutan TTB dengan HCl yang dilanjutkan ke dalam NaOH, dengan meningkatnya konsentrasi tidak memperlihatkan kenaikan kadar skandium.

Simulasi pelarutan skandium ke dalam HCl yang dilanjutkan ke dalam larutan natrium hidroksida dengan software HSC Chemistry 6 diperlihatkan pada grafik Eh-pH pada Gambar 4B. Gambar ini memperlihatkan bahwa pada pH -1,08 sampai dengan pH 15,08 terjadi perubahan ion skandium Sc(+3),12(+) dan (ScOH)2(+4) serta senyawa skandium Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Jika tujuan dari pelarutan tersebut untuk mendapatkan Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub> maka pelarutan tersebut dapat dilakukan pada pH antara 3,5 sampai dengan 14.



Gambar 4. (A) Grafik Eh-pH pelarutan TTB-PCA pada ke dalam asam florida pH -1,43 ~ -0,48 dan tegangan 0 Volt (B) Grafik Eh-pH pelarutan TTB-PCA pada ke dalam asam klorida dilanjutkan ke dalam sodium hidroksida pH -1,08 ~ 15,08 dan tegangan 0 Volt

## PENUTUP

Terak timah 2 Bangka dapat dijadikan potensi alternatif sumber sekunder skandium.

Pemanggangan terak timah 2 Bangka dengan suhu 900°C dan pencelupan ke dalam air dapat menurunkan kadar unsur dan oksida lain minor, dan kadar tertinggi skandium diperoleh pada ukuran butir -200 mesh dengan kadar 804 ppm.

Pelarutan terak timah 2 Bangka yang telah mengalami pemanggangan pada suhu 900°C dan pencelupan ke dalam air (TTB PCA) dilanjutkan ke dalam asam florida 8% diperoleh kadar tertinggi skandium sebesar 653 ppm, sedangkan pada pelarutan TTB-PCA ke dalam asam klorida 6M dilanjutkan dengan NaOH 6M diperoleh kadar tertinggi skandium sebesar 662 ppm.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, M. (2016). *Separation Process of Radioactive and Rare Earth Elements From Slag II of Tin Roasting*. Master Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Butt, C. R. M., & Cluzel, D. (2013). Nickel Laterite Ore Deposits: Weathered Serpentinities. *Elements*, 9(2), 123–128. <https://doi.org/10.2113/gselements.9.2.123>
- Cha, K.-W., Jung, E.-S., And, & Kim, K.-H. (1990). Study on the Recovery and Determination of Scandium from Tin Slag. *Journal Of the Korean Chemical Society*, 34(1), 4.
- Duyvesteyn, W., & Putman, G. (2014). *Scandium*.
- Harris, B., White, C., Jansen, M., & Pursell, D. (2006). A New Approach To the High Concentration Chloride Leaching of Nickel Laterites.
- IAEA. (2012). *Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials*. <https://doi.org/10.2105/AJPH.58.5.989-b>
- Konopka, G., Zglinicki, K., & Marciniak-maliszewska, B. (2013). New potential source of rare earth elements. <https://doi.org/10.2478/gospo-2013-0041>
- Melita, & Gunawan, I. (2015). Pengaruh Penggunaan Limbah Pengolahan Timah (Tin Slag) Sebagai Substansi Parsial Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Profil*, 3(1), 41–51.
- Meor Yusoff M.S., & Muslimin, M. (2007). Uranium and Thorium Analysis In Tin Slag by EDXRF. *Journal of Nuclear and Related Technology*, 4, 177–180.
- Merchant Research & Consulting ltd. (2016). *Scandium: 2016 World Market Review and Forecast*. Retrieved from <http://mcgroup.co.uk/researches/tellurium>
- Permana, S., Soedarsono, J. W., Rustandi, A., & et.al. (2016). Other Oxides Pre-removed from Bangka Tin Slag to Produce a High Grade Tantalum and Niobium Oxides Concentrate. In *IOP Conference Series : Materials Science and Engineering* (Vol. 12006, p. 10). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/131/1/012006>
- Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2013). *Kajian Supply Demand Mineral. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia*.
- Roine, A., Kotiranta, T., & et.al. (2006). HSC Chemistry, Version 6.0. Outokumpu Research Oy.
- Shaoquan, X., & Suqing, L. (1996). Review of the Extractive Metallurgy of Scandium in China (1978-1991). *Hydrometallurgy*, 42(3), 337–343. [https://doi.org/10.1016/0304-386X\(95\)00086-V](https://doi.org/10.1016/0304-386X(95)00086-V)
- Sulaiman, M. Y. (1993). Simultaneous



- determination of thorium and uranium in tin slag. *The Science of the Total Environment*, 131, 187–195.
- Trinopiawan, K., Mubarok, M. Z., Mellawati, J., & Ani, B. Y. (2016). Rare Earth Elements Leaching from Tin Slag Using Acid Chloride After Alkaline Fusion Process. *Eksplorium*, 37(1), 41–50.
- Wang, W., & Cheng, C. Y. (2011). Separation and Purification of Scandium by Solvent Extraction and Related Technologies: A Review. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 86(10), 1237–1246. <https://doi.org/10.1002/jctb.2655>
- Wang, W., Pranolo, Y., & Cheng, C. Y. (2011). Metallurgical Processes for Scandium Recovery from Various Resources: A Review. *Hydrometallurgy*, 108(1–2), 100–108. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2011.03.001>
- Wang, W., Pranolo, Y., & Cheng, C. Y. (2013). Recovery of Scandium from Synthetic Red Mud Leach Solutions by Solvent Extraction with D2EHPA. *Separation and Purification Technology*, 108, 96–102. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2013.02.001>

