

ANALISIS PROSPEK PASIR ZIRKON INDONESIA DI PASAR DUNIA

Prospect Analysis of Indonesian Zircon Sand in the World Market

TRISWAN SUSENO

Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara
Jalan Jenderal Sudirman 623, Bandung 40211
Telp. 022 6030483, Fax. 022 6003373
e-mail: triswan@tekmira.esdm.go.id

SARI

Pasir zirkon adalah salah satu mineral yang banyak digunakan dalam keramik (55%), industri kimia (18%), industri bahan tahan api (14%), pengecoran logam (10%) dan industri lainnya (3%). Cadangan pasir zirkon dunia diperkirakan sekitar 48 juta ton, 43,75% di antaranya di Australia, Afrika Selatan (29,17%), India (7,08%), Mozambik (3,33%), Amerika dan Cina masing-masing 1,67 % dan 15% tersebar di negara lainnya termasuk Indonesia. Kebutuhan pasir zirkon dunia pada tahun 2013 tercatat sebesar 1.519.000 ton, 50,97% di antaranya dikonsumsi oleh Cina sebagai konsumen terbesar dunia. Sedangkan produksinya sebesar 1.670.000 ton, antara lain dari Australia sebesar 50%, disusul Afrika Selatan 26%, Cina 8%, Indonesia 4%, Mozambik 3%, India 2% dan 7% dari negara lainnya. Dengan menggunakan metode analisis regresi berganda didapatkan model proyeksi produksi pasir zirkon $P_t = 286,722 + 0,717X_t + 0,110 Z_t$, dengan asumsi harga sebesar US\$800/ton dan konsumsi sebanyak 1.531.000 ton maka produksi pasir zirkon pada tahun 2014 diperkirakan mencapai 1.472.000 ton. Konsumsi lebih besar dari produksi, artinya pasar mengalami kekurangan pasokan sebesar 59.000 ton, dan dapat menjadi peluang bagi pasir zirkon Indonesia di pasar dunia. Pada tahun 2015 kekurangan pasokan pasir zirkon dunia akan meningkat menjadi 69 ton. Dengan asumsi harga tetap hingga tahun 2022, maka peluang pasar pasir zirkon dunia akan semakin besar dan bahkan diperkirakan kebutuhan pasir zirkon dunia akan terus meningkat melebihi kemampuan produksinya.

Kata kunci : pasir zirkon, zirkonium silikat, keramik, konsumsi, harga

ABSTRACT

Zircon sand is one of the natural minerals commonly used in ceramics (55%), chemical industry (18%), refractories industry (14%), metal casting (10%), and other industries (3%). Stockpiles of zircon sand are approximately 48 millions tons, spreading in Australia (43,75%), South Africa (29,17%), India (7,08%), Mozambique (3.33%), America and China respectively 1.67%, and other countries (15%), including Indonesia. The global needs of zircon sand in 2013 was 1,519,000 tons, with 50.97% of it was consumed by China as the world's largest consumer. Whereas the processing yielded as much as 1,670,000 tons, 50% was produced by Australia, followed by South Africa (26%), China (8%), Indonesia (4%), Mozambique (3%), India (2%), and other countries (7%). The calculation using double regression analysis method derives an equation $P_t = 286.722 + 0.717X_t + 0.110 Z_t$ as the model projection for zircon sand production. Assuming the price of zircon sand is US\$800/ton and consumed as much as 1,531,000 tons, then zircon sand production of 2014 is estimated to reach 1,472,000 tons. Since the consumption rate is larger than its production, the market is going to need 59,000 tons more of zircon sand to fulfill the demand. Therefore, this could be the opportunity for Indonesian zircon sand in the world market. In 2015, the lack of zircon sand supply is increasing up to 69 tons. Assuming the price is stable until 2022, it is concluded that the opportunity of zircon sand's world market is increasing, the demand could even exceed its capability of producing.

Keywords: zircon sand, zirconium silicate, ceramic, consumption, price

PENDAHULUAN

Pasir zirkon ($ZrSiO_4$) tidak hanya ada di Indonesia, Australia dan Afrika Selatan adalah dua negara penghasil pasir zirkon terbesar dunia, pada tahun 2012 produksi zirkon dunia tercatat sebesar 1.620.000 ton. 50% di antaranya berasal dari Australia, 26% dari Afrika Selatan, Cina (8%), Indonesia (4%), Mozambik (3%), India (2%) dan negara lainnya (2%). Penggunaan pasir zirkon sangat bervariasi, baik sebagai mineral industri (nonlogam) maupun mineral logam. Menurut Aryanda (2009), pasar pasir zirkon dunia sebagian besar digunakan sebagai mineral industri, yaitu untuk keramik, pasir cetak (*foundry sand*), bata tahan api (*refractory*), kimia zirkonium dan lain-lain. Cina menduduki urutan pertama dari 10 negara penghasil keramik terbesar dunia sehingga tidak heran jika lebih dari setengah produksi pasir zirkon dunia dikonsumsi oleh negara ini. Zirkonium silikat adalah produk pengolahan pasir zirkon yang paling banyak digunakan sebagai opacifier atau glasir untuk meningkatkan kualitas lantai keramik, keramik saniter, keramik peralatan rumah tangga.

Apakah pasar pasir zirkon dunia masih akan tetap didominasi oleh industri keramik?. Hal ini akan ditentukan berdasarkan data historis dan perkembangan teknologi tentang pemanfaatan pasir zirkon dunia dengan menggunakan metode analisis regresi. Tujuan kajian ini adalah untuk mengetahui sejauhmana peluang pasar pasir zirkon Indonesia dalam pasar global dan untuk memberikan informasi tentang produk-produk pengolahan pasir zirkon yang banyak digunakan oleh dunia industri.

METODOLOGI

Metodologi penelitian ini meliputi pengumpulan, pengolahan dan analisis data. Data yang digunakan untuk menghitung dan menganalisis perkembangan zirkon dunia adalah data yang diperoleh dari berbagai sumber. Fluktuasi produksi sangat dipengaruhi oleh variabel konsumsi dan harga. Oleh karena itu, terdapat hubungan fungsional antara ketiganya yang dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

$$P_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_t + \alpha_2 Z_t + \xi_t \dots\dots\dots (1)$$

Dalam hal ini,

- P_t = jumlah produksi pasir zirkon pada tahun-t.
- X_t = jumlah kebutuhan/konsumsi pasir zirkon dunia pada tahun

- Z_t = harga pasir zirkon pada tahun ke-t.
- α_0, β_0, μ_0 = garis perpotongan.
- $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \mu_1$ = koefisien regresi dari masing-masing variabel.
- ξ_t = galat baku (deviasi nilai proyeksi dengan kenyataan).

Model di atas disebut sebagai model regresi sederhana dan berganda (Gaspersz, 1992; Putriyani dan Oswari, 2005) yang dapat digunakan untuk menghitung atau memperkirakan besarnya pengaruh dari perubahan suatu kejadian (konsumsi atau harga) pasir zirkon dunia terhadap perkembangan produksi secara kuantitatif : $P_t = f(X_t, Z_t)$. Proses perhitungannya dengan menggunakan program Statistical Product and Service Solutions (SPSS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

USGS (2013) memperkirakan cadangan (*reserve*) zirkon dunia sekitar 48 juta ton, dengan rincian Australia (21 juta ton), Afrika Selatan (14 juta ton), India (3,4 juta ton), Mozambik (1,2 juta ton), Amerika dan Cina masing-masing 500.000 ton dan negara lainnya sekitar 7,2 juta ton. Indonesia tidak tercatat di dalamnya, namun berdasarkan informasi sumber daya hipotetik pasir zirkon Indonesia sekitar 174,22 juta ton (Suseno a, 2014). Loferski (2013) menginformasikan bahwa Australia dan Afrika Selatan adalah dua negara penghasil zirkon terbesar dunia, 47,04% dari produksi dunia berasal dari Australia, 23,64% dari Afrika Selatan, Cina (9,26%), Indonesia (8,02%), Mozambik (2,69%), India (2,41%) dan sisanya berasal dari negara lain. Dua per tiga produksi pasir zirkon dunia disumbang oleh perusahaan Iluka (Australia).

Selama kurun waktu tahun 1997-2013 tingkat produksi pasir zirkon dunia naik rata-rata sebesar 3,97% per tahun, kenaikannya sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan konsumsinya (3,27%). Apabila diperhatikan grafik dalam Gambar 1, rata-rata kebutuhan pasir zirkon dunia sebesar 1.211.000 ton/tahun sedangkan produksinya sebanyak 1.256.000 ton. Artinya bahwa kebutuhan pasir zirkon dunia selalu dapat dipenuhi sehingga tidak terjadi krisis pasir zirkon dalam dunia industri dan juga tidak terjadi gejolak harga yang ekstrim. Walaupun pernah terjadi penurunan harga pasir zirkon di beberapa tahun tertentu, namun secara umum hingga tahun 2013 harga pasir zirkon naik sebesar 12,82% per tahun (Gambar 1). Kenaikan ini

dipicu oleh meningkatnya permintaan dari industri keramik dunia yang sangat tergantung pada pasir zirkon sebagai bahan pemutih/glasir.

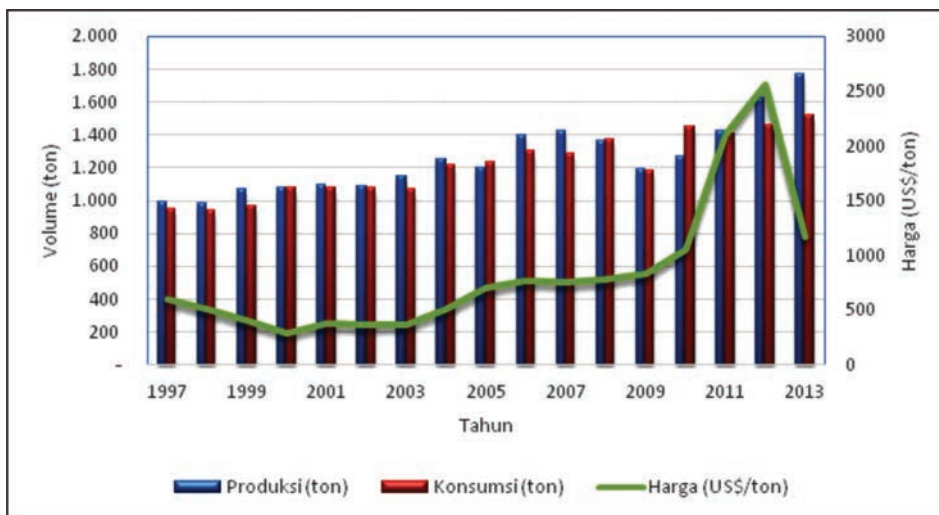
Selama kurun waktu 1997-2013 pasir zirkon dunia telah tertambang sebanyak 21.353.000 ton, sehingga cadangan yang tersisa diperkirakan 26.647.000 ton (tidak termasuk Indonesia). Perkembangan permintaan zirkon dunia yang tinggi, terutama oleh industri keramik ternyata sangat memengaruhi harga zirkon dunia. Hal ini dapat dilihat dalam Gambar 1, harga pasir zirkon dunia pada tahun 2013 mencapai US\$1.173/ton (kadar < 40%), naik sebesar 54,18% dibandingkan dengan tahun 2012. Penurunan ini terkait dengan lemahnya permintaan untuk produk titanium kualitas tinggi (www.iluka.com/, 2015). Kenaikan tertinggi terjadi pada tahun 2011, yaitu sebesar 100,00% dibandingkan dengan tahun 2010.

Dari kebutuhan zirkon dunia pada tahun 2013 tercatat sebesar 1.519.000 ton, 50,97% di antaranya dikonsumsi oleh Cina padahal pada tahun 2005 kebutuhannya hanya 25,37% dari konsumsi dunia (Gambar 2). Informasi terakhir saat ini Cina sedang gencar mengembangkan berbagai produk bahan baku pasir zirkon seperti *zirconium sponge*, *zirconium dioxide*, *zirconium silicate*, *zirconium oxychloride* (www.researchinchina.com, 2014). Oleh karena itu Cina menjadi negara dengan perkembangan konsumsi pasir zirkon terpesat di dunia dengan laju pertumbuhan sebesar 14,43% (tahun 2010–2013).

Walaupun Cina memiliki cadangan pasir zirkon namun jumlah tersebut belum mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga negara ini harus mengimpor pasir zirkon dari Australia, Afrika Selatan dan termasuk juga Indonesia. Sebelum UU No. 1 tahun 2014 terbit, antara tahun 2007-2010 Cina sempat mengimpor pasir zirkon dari Indonesia sebanyak 208.600 ton (Gambar 3). Sedangkan berdasarkan USGS (2013), antara tahun 2007-2010 Indonesia adalah pengekspor pasir zirkon keempat dunia setelah Australia, Afrika Selatan dan Cina.

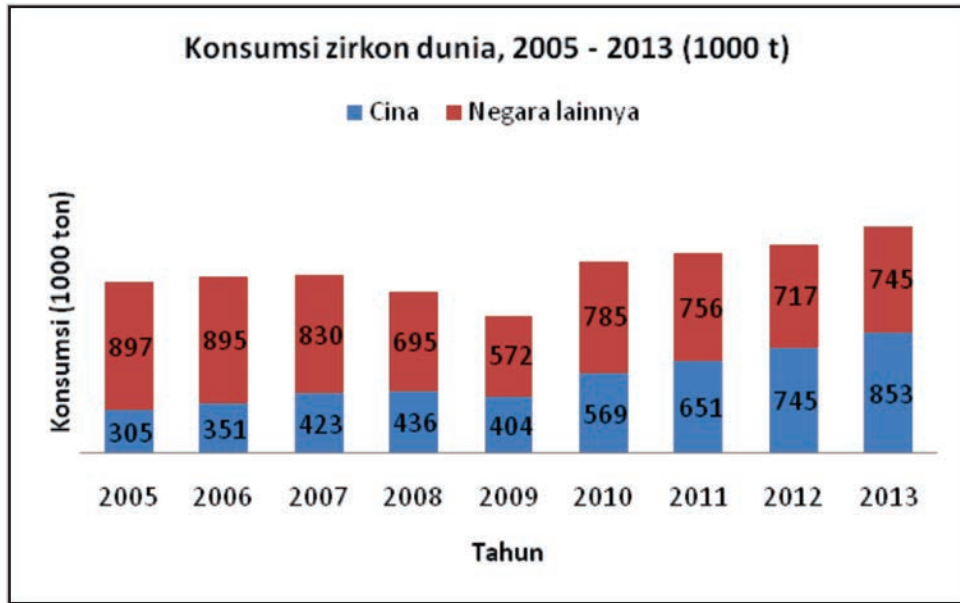
Pesatnya perkembangan konsumsi zirkon Cina diikuti pula oleh pesatnya perkembangan impor zirkon bahkan impornya jauh melebihi kebutuhan zirkon negara tersebut. Hal ini dapat dilihat dalam Gambar 4, pada tahun 2005 impor zirkon Cina sebanyak 341.000 ton, padahal pada tahun yang sama jumlah pemakaiannya sekitar 305.000 ton. Kondisi seperti ini terus terjadi hingga tahun 2012 (Hao dkk., 2012), impor zirkon Cina mencapai 1.055.000 ton. Selama kurun waktu 2005-2012, pertumbuhan impor zirkon negara ini naik cukup signifikan, yaitu sebesar 18,40% per tahun.

Pesatnya pertumbuhan industri di berbagai sektor di negara Cina, ternyata mendorong pemerintah Cina untuk mengeluarkan kebijakan penghentian ekspor bahan baku sektor pertambangan yang dimiliki oleh negara tersebut, termasuk pasir zirkon. Bahkan sebaliknya, negara ini telah mengimpor sebanyak-banyaknya berbagai komoditas tambang



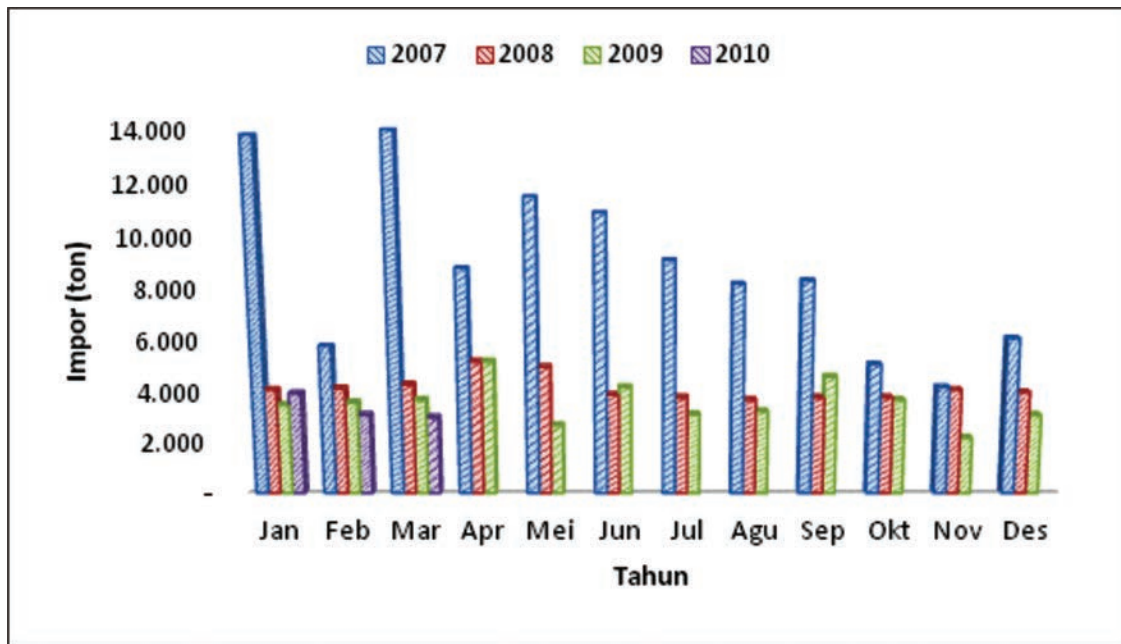
Sumber :
 - Roskill (2011).
 - USGS (2013).
 - www.iluka.com/, 2015

Gambar 1. Perkembangan produksi, konsumsi dan harga pasir zirkon dunia tahun 1997- 2013



Sumber : Iluka a) (2013) diolah kembali

Gambar 2. Konsumsi zirkon dunia, 2005 - 2013 (ribu ton)



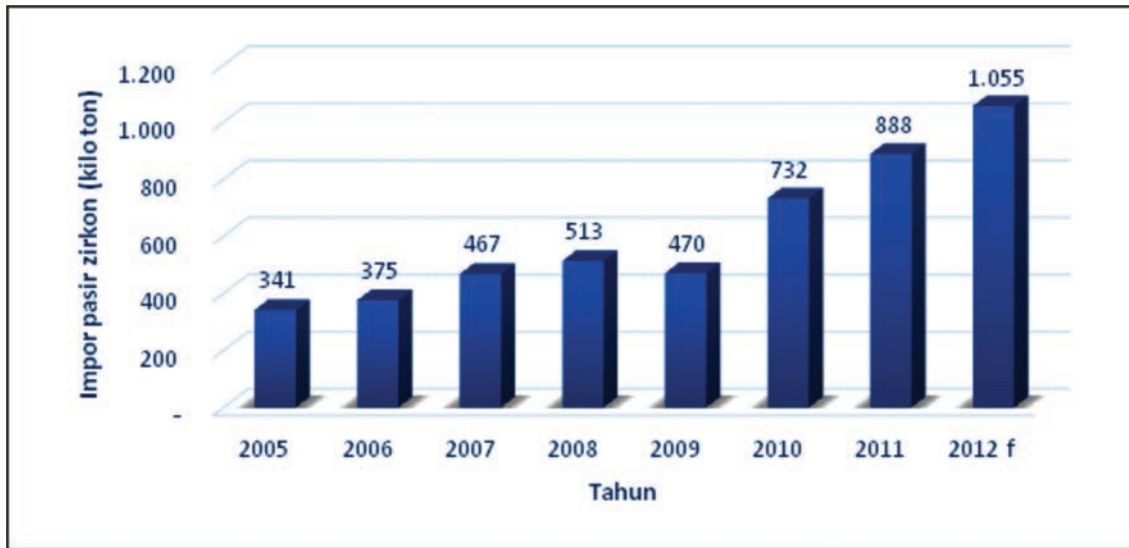
Sumber : USGS (2013)

Gambar 3. Impor pasir zirkon Cina dari Indonesia, 2007 – 2010 (ton)

dari negara lain untuk memenuhi kebutuhan industri di dalam negeri, termasuk pasir zirkon dari Indonesia dan Vietnam. Pasir zirkon yang diimpor Cina adalah konsentrat dengan kualitas berkisar 65-85% (rata-rata 75%) sebelum terbitnya permen, sebagian besar diproses lebih lanjut sesuai dengan

persyaratan kebutuhan manufaktur di Cina (www.zirkon-association.org, 2014).

Menurut www.researchinchina.com (2013), produk hilirisasi melalui proses lanjut tersebut terdiri atas zirkonium silikat, zirkonia dan lain-lain (90%)



Sumber : www.researchinchina.com/Htmls/Repor (2013)
 Note: f = forecasting

Gambar 4. Volume impor pasir zirkon Cina, 2005 - 2012 (ribu ton)

banyak digunakan pada industri keramik, industri kimia, bahan tahan api dan bidang lainnya, sisanya digunakan untuk reaktor nuklir dan bahan nuklir khusus, menjadi produk *high-end* dari industri zirkonium. Saat ini Cina memiliki tidak kurang dari 40 perusahaan penghasil zirkonium silikat dengan kapasitas produksi sekitar 400.000 ton, artinya setiap tahun Cina membutuhkan paling sedikit 1,2 juta ton pasir zirkon yang digunakan untuk memproduksi zirkonium silikat dan opasitas keramik (Hao dkk., 2012) sehingga negara ini harus mengimpor sebanyak 1.055.000 ton (Gambar 4) dari berbagai negara termasuk dari Indonesia.

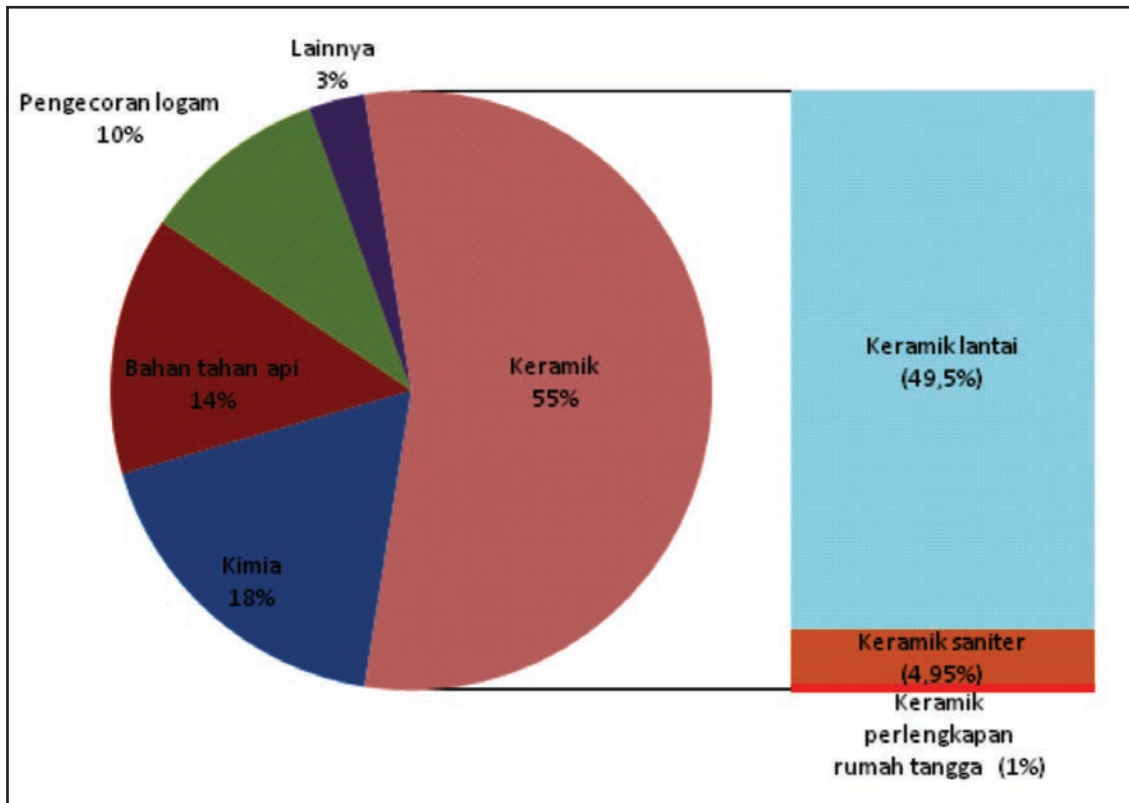
Hal ini diperkuat pula oleh Iluka (a) (2013) yang menyatakan bahwa 55% pasir zirkon dunia terserap oleh industri keramik, disusul kemudian oleh industri kimia (18%), industri bahan tahan api (14%), pengecoran logam (10%) dan industri lainnya (3%), lihat Gambar 5.

Sebagaimana telah dijelaskan di atas bahwa industri keramik adalah konsumen pasir zirkon terbesar, total produksi keramik dunia pada tahun 2013 mencapai 11,29 miliar m³, naik 7,35% dibandingkan dengan tahun 2012. Cina merupakan negara produsen keramik terbesar di dunia dengan tingkat produksi sebesar 5,28 miliar m³, sedangkan Indonesia menduduki peringkat ke delapan di bawah Spanyol dengan produksi sebesar 340 juta m³ (Gambar 6). Dari sisi konsumen, Indonesia adalah peringkat ke enam negara konsumen keramik dunia di bawah

Vietnam. Hampir 100% produk keramik Indonesia untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, sehingga Indonesia tidak termasuk dalam jajaran eksportir terbesar keramik dunia. Oleh karena itu, pangsa pasar pasir zirkon di dalam negeri sangat besar bagi produsen pengolahan pasir zirkon domestik.

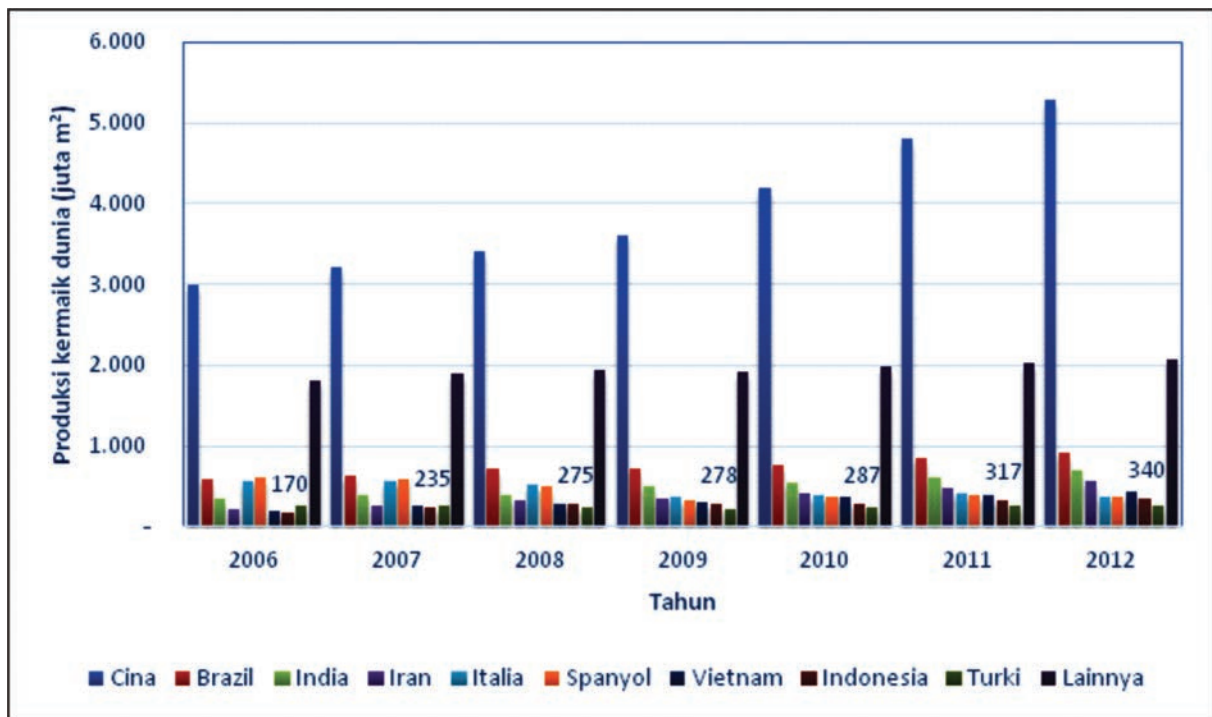
Peluang pasir zirkon Indonesia dalam menembus pasar industri keramik cukup besar mengingat ada beberapa negara penghasil keramik terbesar dunia tidak/sedikit memiliki sumber daya pasir zirkon sehingga tidak mampu untuk memenuhi kebutuhannya seperti di Eropa : Brasil, Spanyol dan Italia, di Asia : Turki, Cina, India, Vietnam, Iran, Korea Selatan, Taiwan, Thailand dan Malaysia. Sejarah perjalanan pemanfaatan pasir zirkon industri manufaktur dunia dapat dilihat dalam Gambar 7. Pada tahun 1970 industri pengecoran logam dan refraktori sangat mendominasi pemanfaatan pasir zirkon dalam menghasilkan produknya dengan serapan 50,5% dan 34%. Namun memasuki tahun 1990 terjadi perubahan komposisi, industri keramik mulai mengambil alih peran tersebut dengan serapan 42%.

Hingga tahun 2012 dominasi ini terus berlanjut dengan daya serap pemanfaatan zirkon pada industri keramik sebesar 55% dari jumlah produksi zirkon dunia. Kondisi ini diperkirakan akan terus bertahan dalam beberapa tahun ke depan mengingat kebutuhan keramik dunia mengalami peningkatan yang sangat pesat (Casasola dkk., 2006). 90% dari



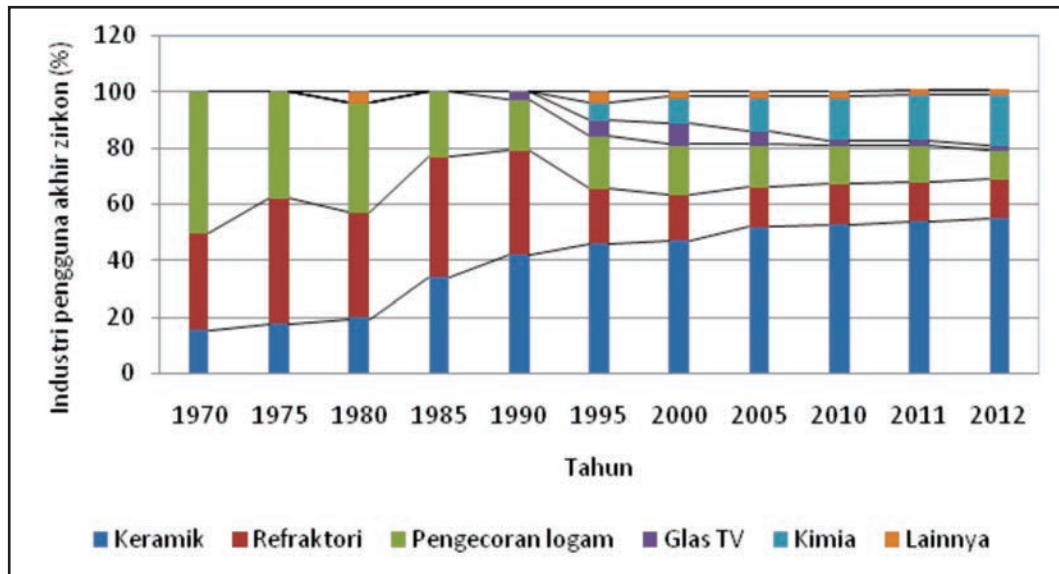
Sumber : www.iluka.com a), b) (2013)

Gambar 5. Komposisi pemanfaatan pasir zirkon oleh industri dunia tahun 2013



Sumber : www.infotile.com (2013)

Gambar 6. Perkembangan produksi keramik dunia, 2006 – 2012 (juta m²)



Sumber :
 - www.mineraldeposits.com.au (2013)
 - Iluka c(2013)

Gambar 7. Perkembangan penggunaan pasir zirkon dunia, 1970 – 2012 (%)

konsumsi zirkon dunia digunakan di dalam industri pembuatan keramik lantai, 9% keramik saniter dan perlengkapan kamar mandi lainnya sedangkan 1% digunakan oleh keramik peralatan rumah tangga.

Industri bahan kimia adalah sektor pengguna akhir yang sangat cepat pertumbuhannya karena produk zirkonia paling banyak digunakan dalam berbagai produk bahan kimia, pertumbuhan industri ini rata-rata meningkat sebesar 10% per tahun (Iluka b), 2013). Zirkonia digunakan untuk pembuatan zirkonium sulfat, bahan kimia ini sangat penting karena merupakan bahan dasar dalam pembuatan kimia zirkonium lainnya.

Perkembangan penggunaan pasir zirkon pada industri tertentu tampaknya akan menghadapi pesaing, jenis mineral pesaing tersebut antara lain kromit, olivin, niobium, baja tahan karat dan tantalum. Sebagaimana terlihat dalam Gambar 7, tampak bahwa penggunaan zirkon pada industri pengecoran logam dan refraktori dalam kurun waktu 1970-2012 terus mengalami penurunan secara signifikan, yang awalnya mampu menyerap 50,5% dari jumlah konsumsi zirkon dunia (tahun 1970) hingga menjadi 10% saja pada tahun 2012 (Iluka c), 2013). Hal ini disebabkan karena adanya kromit dan olivin yang

dapat digunakan sebagai pengganti pasir zirkon untuk beberapa aplikasi pengecoran (www.minerals.usgs.gov, 2013). Sedangkan dolomit dan refraktori spinel dapat digunakan pada industri refraktori untuk menggantikan peran zirkon dalam aplikasi tertentu pada suhu tinggi, yaitu alumina magnesia spinel (Al_2O_3 70% dan MgO 28%) yang mempunyai karakteristik lebih baik dari zirkon, walaupun harganya jauh lebih mahal (Aryanda, 2009).

Niobium (*columbium*), baja tahan karat dan tantalum mampu menjadi substitusi dalam aplikasi nuklir. Sementara itu, titanium dan bahan-bahan sintetis dapat menggantikan peran zirkon di beberapa pabrik kimia (www.minerals.usgs.gov, 2013). Di masa mendatang, permintaan zirkon diperkirakan akan meningkat rata-rata sebesar 5,4% per tahun (www.mining.com, 2013).

Pengaruh permintaan zirkon yang terbesar adalah dari industri keramik dan kimia terutama Cina yang disusul oleh negara penghasil keramik lainnya yang juga sebagai konsumen zirkon dunia yaitu Spanyol dan Italia. Menurut www.diatreme.com.au (2013), kebutuhan zirkon untuk industri keramik akan mengalami kenaikan sebesar 4% per tahun, sedangkan industri zirkonia dan bahan kimia naik sebesar 11%.

PROYEKSI PRODUKSI BERDASARKAN KONSUMSI DAN HARGA PASIR ZIRKON

Perkembangan produksi pasir zirkon dunia sangat dipengaruhi oleh konsumsi dan harga, untuk membuat model regresi berganda digunakan data historis produksi, konsumsi dan harga dari tahun 1997-2013 (Gambar 1) digunakan untuk memprediksi produksi pasir zirkon dimasa mendatang (lihat Persamaan 1). Setelah dihitung dengan bantuan program SPSS, hasilnya dapat dilihat dalam Tabel 1.

Sehingga diperoleh persamaan regresi berganda adalah :

$$P_t = 286,722 + 0,717X_t + 0,110 Z_t \dots \dots \dots (1)$$

Arti dari persamaan di atas adalah :

- Jika tidak ada konsumsi, maka produksi pasir zirkon sebesar 286,722 ton/tahun.
- Setiap penambahan konsumsi sebesar 1 ton akan meningkatkan produksi sebesar 0,717 ton pasir zirkon pertahun.
- Walaupun ada kenaikan harga pasir zirkon sebesar US\$ 1 produksi pasir zirkon tetap akan meningkat sebesar 0,11 ton/tahun.

Berikut ini akan diuji hipotesis tentang pengaruh parameter regresi konsumsi X_t dan harga Z_t terhadap produksi (P_t) pasir zirkon. Langkah pengujian tersebut dirumuskan sebagai berikut

- $H_0 : \beta_1 = 0$; parameter regresi konsumsi pasir zirkon (X_t) tidak berpengaruh terhadap produksi (Z_t).
- $H_1 : \beta_1 \neq 0$; parameter regresi konsumsi pasir zirkon (X_t) berpengaruh nyata terhadap produksi (Z_t).

Taraf nyata $\alpha = 0,05$

Daerah kritis pengujian adalah : $t < -t_{\alpha/2; n-k}$ dan $t > t_{\alpha/2; n-k}$, n = banyak pengamatan (17) dan k adalah banyak parameter (3), daerah kritisnya adalah :

$$-t(0,025; 14) = -2,145 \text{ dan } t(0,025; 14) = 2,145$$

Nilai t yang dihitung adalah $t(b_1) = 4,209$.

Keputusannya : karena t yang dihitung $t(b_1) = 4,209$ lebih besar dari t dalam table = 2,145, maka H_0 ditolak. Kesimpulannya variabel konsumsi sangat berpengaruh nyata terhadap kuantitas produksi pasir zirkon. Dengan cara yang sama pengujian dilakukan terhadap harga, diperoleh hasil bahwa

Tabel 1. Koefisien perpotongan dan koefisien regresi

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	286,722	178,808		1,604	0,131
Konsumsi	0,717	0,170	0,616	4,209	0,001
Harga	0,110	0,043	0,377	2,576	0,022

^a) diolah dengan menggunakan program SPSS

Berdasarkan koefisien beta, tampak bahwa variabel konsumsi lebih besar pengaruhnya terhadap produksi pasir zirkon dibandingkan dengan harga. Koefisien beta pada X , yaitu $B_1 = 0,717$ dapat diinterpretasikan bahwa apabila variabel konsumsi naik satu simpangan baku, maka produksi pasir zirkon akan naik sebesar 0,717 simpangan baku. Demikian pula dengan koefisien beta dari Z_t , yaitu $B_2 = 0,110$, menyatakan bahwa apabila terjadi kenaikan sebesar satu simpangan baku dalam harga, maka akan menaikkan sekitar 0,110 simpangan baku dalam produksi pasir zirkon.

variabel harga pun sangat berpengaruh nyata terhadap setiap perubahan produksi pasir zirkon.

Fluktuasi produksi pasir zirkon sangat dipengaruhi oleh kedua variabel tersebut namun yang sangat berpengaruh sekali adalah tingkat harga. Ternyata naiknya harga pasir zirkon akan menaikkan tingkat produksinya. Sebagai contoh, menggunakan model (1) apabila perkiraan konsumsi pasir zirkon dunia pada tahun 2014 naik sebesar 1.531.000 ton dengan asumsi harga sebesar US\$2.700/ton maka produksi diperkirakan akan naik sebesar

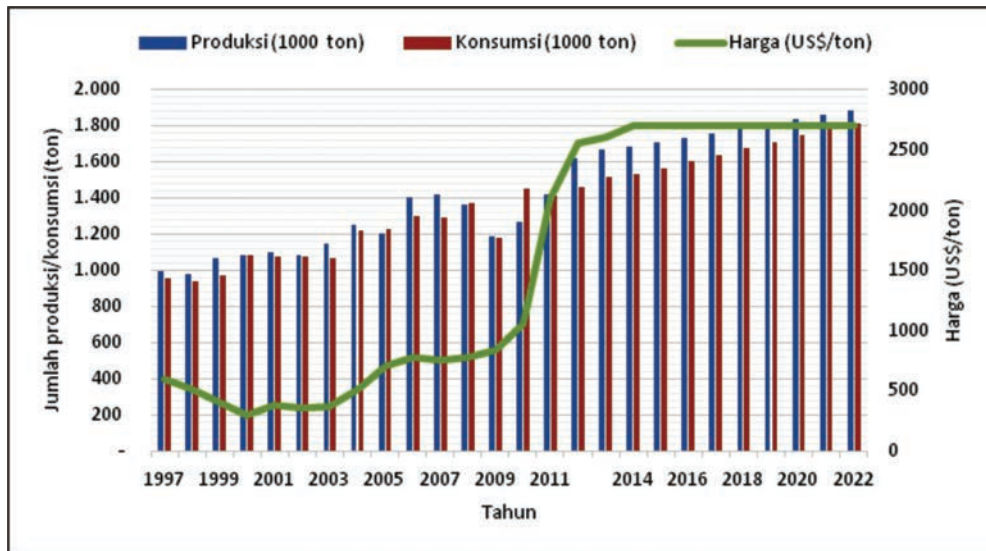
1.681.000 ton (Gambar 8). Kenaikan ini memang menguntungkan bagi produsen, namun dampaknya adalah akan terjadi *over supply* karena produksi melebihi konsumsi yaitu sebesar 150 ton. Kondisi seperti ini akan mempersempit peluang pasar pasir zirkon Indonesia di pasar internasional. Namun bagi Cina sebagai konsumen pasir zirkon terbesar dunia, tetap akan menampung kelebihan produksi dunia tersebut mengingat kebutuhan bahan baku pada industri manufaktur yang menggunakan pasir zirkon di negara ini sangat tinggi. Kelebihan produksi pasir zirkon pada tahun 2015 masih akan terjadi, namun tidak sebesar tahun sebelumnya yaitu 140 ton. Berdasarkan Persamaan (1) di atas, keadaan tersebut masih akan terus terjadi hingga tahun 2022 namun mengalami penurunan hingga 70 ton.

Sedangkan apabila harga pasir zirkon pada tahun 2014 diproyeksikan sebesar US\$ 800/ton dengan konsumsi 1.531.000 ton, maka produksi pasir zirkon diperkirakan mencapai 1.472.000 ton. Dari kedua nilai tersebut terdapat selisih perbedaan produksi dengan konsumsi dunia, dengan kata lain bahwa pasar mengalami kekurangan pasokan sebesar 59.000 ton. Dengan demikian, kekurangan pasokan tersebut menjadi peluang bagi pasir zirkon Indonesia di pasar dunia. Pada tahun 2015 kekurangan pasokan pasir zirkon akan meningkat menjadi 69 ton. Dengan asumsi harga tetap hingga tahun 2022, maka peluang pasar pasir zirkon dunia akan semakin

besar dan bahkan diperkirakan kebutuhan atau konsumsi pasir zirkon dunia akan terus meningkat melebihi kemampuan produksinya, seperti tampak dalam Gambar 9.

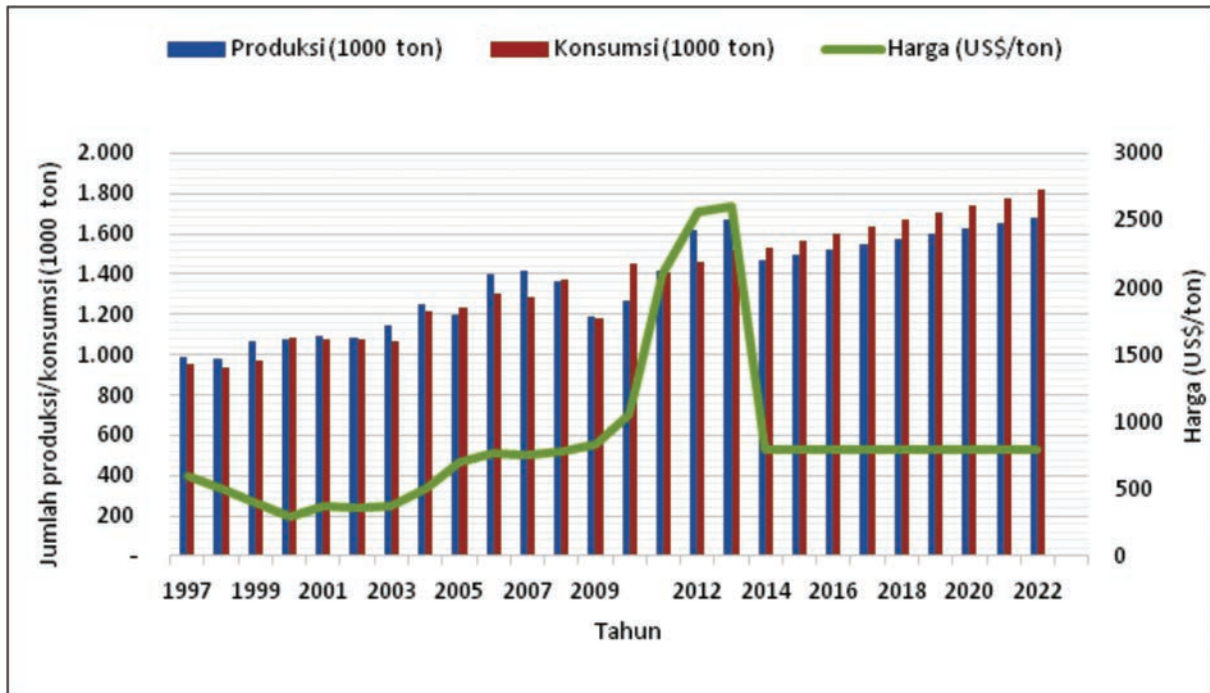
Berdasarkan hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa dengan tingginya harga pasir zirkon di pasar internasional tidak akan menyurutkan konsumen untuk membelinya mengingat bahan baku sangat diperlukan oleh industri manufaktur sehingga komoditas ini memiliki prospek yang sangat cerah di masa mendatang. Rendahnya harga pasir zirkon di pasar dunia dikhawatirkan akan berdampak pada membanjirnya bahan baku tersebut, hal ini tentu tidak menguntungkan bagi dunia usaha pertambangan pasir zirkon di Indonesia. Menjual pasir zirkon dalam bentuk bahan baku bukan jalan satu-satunya, disamping tidak akan mendapatkan nilai tambah bagi negara penghasil juga tidak akan mendapatkan teknologi baru untuk meningkatkan kualitas pasir zirkon untuk berbagai kebutuhan industri lainnya. Salah satu jenis produk yang berpeluang dipasarkan adalah zirkonium silikat karena jenis inilah yang paling banyak digunakan oleh industri keramik dunia.

Sebagai contoh pada tahun 2014, 55% atau 842.000 ton (dari total 1.531.000 ton) digunakan oleh industri keramik apabila diolah menjadi zirkonium silikat maka diperkirakan akan berkurang



Sumber :
 - Porter (2013).
 - Diolah kembali
 Catatan : *) Asumsi harga (tahun 2014-2022) US\$2.700/ton.

Gambar 8. Realisasi (1997-2013) dan proyeksi (2014-2022*) produksi dan konsumsi pasir zirkon dunia



Catatan :

*) Asumsi harga (tahun 2014-2022) US\$800/ton.

Gambar 9. Realisasi (1997-2013) dan proyeksi (2014-2022*) produksi pasir zirkon dunia

(sekitar 1/3) (Suseno b), 2014) hingga menjadi sekitar 561.000 ton. Sebagaimana dijelaskan di atas, Cina telah memiliki sekitar 40 pabrik dengan kapasitas 400.000 ton, berarti ada sekitar 161.000 ton konsumsi zirkonium silikat dunia yang belum dipenuhi diketahui negara pemasoknya. Sehingga menjadi peluang bagi Indonesia untuk merebut pangsa pasar tersebut, akan tetapi hingga saat ini Indonesia baru memiliki 3 perusahaan penghasil zirkonium silikat dengan kapasitas produksi sekitar 37.500 ton. Hal ini menjadi pendorong bagi investor di dalam negeri untuk meningkatkan kapasitas produksi atau membangun pabrik baru dalam rangka meraih peluang pasar zirkonium silikat dunia karena kondisi seperti ini diperkirakan akan terus berlangsung hingga tahun 2022 (Tabel 2).

Ke depan, negara-negara penghasil pasir zirkon diperkirakan tidak akan lagi menjualnya dalam bentuk bahan baku karena mereka akan melakukan berbagai diversifikasi produk yang sangat dibutuhkan oleh industri manufaktur sebagai pengguna akhir. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Dubbo Zircon Project (DZP) di New South Wales Australia (www.slideshare.net, 2014) yang memperkirakan konsumsi dari produk-produk zirkonium di dunia

antara tahun 2012 - 2020 akan mengalami peningkatan yang sangat signifikan yang ditandai dengan adanya peningkatan kapasitas produksi dari pabrik yang sudah ada dan juga akan ada pabrik-pabrik baru yang akan didirikan.

Kondisi tersebut diharapkan mampu mendorong berdirinya pabrik pengolahan pasir zirkon di dalam negeri sehingga mampu meningkatkan nilai tambah pasir zirkon sesuai amanat Permen ESDM No. 1 tahun 2014 (lihat Tabel 10). Di dalam Table 10 tersebut para pengusaha tambang pasir zirkon dilarang mengekspor zirkon dalam bentuk *raw material*, melainkan harus diolah terlebih dahulu. Produk pengolahan pasir zirkon ($ZrSiO_4$) paling tidak harus mengandung ($ZrO_2 \geq 65,5\%$) dengan lolos saring 60 mesh $\geq 95\%$. Penetapan spesifikasi produk olahan tersebut selain sangat bermanfaat dan dibutuhkan oleh dunia industri, juga memberikan menjadi bernilai sangat tinggi sebagaimana dapat dilihat dalam Tabel 3.

Namun ada salah satu produk pengolahan pasir zirkon yang diduga tidak akan memberikan keuntungan (Poernomo, 2012), yaitu produk zirkonium oksiklorida (ZOC) melalui proses zirkonium berba-

Tabel 2. Perkiraan pangsa pasar konsumsi zirkonium silikat dunia pada industri keramik (ribu ton)

Tahun	Konsumsi dunia	55% digunakan oleh industri keramik dunia	Setelah diolah menjadi zirkonium silikat	Produksi zirkonium silikat Cina	Peluang pasar
2014	1.531	842	561	400	161
2015	1.566	862	574	400	174
2016	1.602	881	587	400	187
2017	1.637	901	600	400	200
2018	1.673	920	613	400	213
2019	1.708	940	626	400	226
2020	1.744	959	639	400	239
2021	1.779	979	652	400	252
2022	1.815	998	665	400	265

Sumber : - Porter (2013).
- Diolah kembali

sis sulfat (ZBS), karena proses ini akan menghasilkan jumlah air limbah yang cukup banyak sedangkan biaya pengolahan air limbah sangat mahal. Sebagaimana tercantum di dalam Peraturan Pemerintah No. 77 Tahun 2005 atau PP No. 77 Tahun 2008 apabila hasil pengolahan tersebut termasuk limbah radioaktif pemancar alpha (α) aktivitas rendah maka akan dikenakan tarif pengelolaan sebesar Rp. 81.000,- per liter.

Lebih lanjut Poernomo (2012) menjelaskan beberapa produk zirkonium yang dapat dijadikan gambaran bagi para calon investor dalam mendirikan pabrik pengolahan pasir zirkon dalam negeri dalam rangka menembus pasar perdagangan dunia produk zirkonium umumnya dibagi menjadi dua kategori, pertama, bahan kimia zirkonium didominasi oleh zirkonium silikat, zirconia dan lain-lain terutama diterapkan dalam keramik, bahan tahan api dan bidang lainnya, meliputi kurang lebih 90% dari konsumsi zirkonium; kedua, logam zirkonium, hanya 3-4% dari konsumsi zirkonium untuk saat ini, 90% digunakan dalam industri reaktor nuklir dan bahan nuklir khusus. Berdasarkan informasi tersebut, industri pengolahan pasir zirkon merupakan salah satu upaya terpenting dalam mengoptimalkan pasir zirkon menjadi suatu produk yang bernilai tambah tinggi sesuai dengan amanat dari salah satu pasal pada UU No.4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara yang diimplementasikan oleh Permen ESDM No. 1 Tahun 2012 (Djamaluddin dan Alfajrin, 2012).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Permintaan pasir zirkon dunia yang terbesar adalah dari industri keramik (55%) dan kimia (18%), bata tahan api (14%), pengecoran logam (10%) dan lainnya (3%).
- Cina adalah negara yang paling banyak menggunakan pasir zirkon (53,38%), sisanya digunakan oleh negara lain.
- Cadangan (*reserve*) zirkon dunia sekitar 48 juta ton, dengan rincian Australia (21 juta ton), Afrika Selatan (14 juta ton), India (3,4 juta ton), Mozambik (1,2 juta ton), Amerika dan Cina masing-masing 500.000 ton dan negara lainnya sekitar 7,2 juta ton. Sedangkan Indonesia diperkirakan memiliki sumber daya hipotetik pasir zirkon Indonesia sekitar 174,22 juta ton.
- Tingginya kebutuhan pasir zirkon oleh industri keramik dunia membuat komoditas pasir zirkon menjadi bahan baku yang banyak dicari dan salah satu negara itu adalah Indonesia.
- Terbitnya UU No. 4 Tahun 2009 dan Permen ESDM No. 1 Tahun 2014, ternyata mampu menekan laju ekspor bahan baku ekspor pasir zirkon dan diharapkan mampu mendorong berdirinya pabrik pengolahan pasir zirkon di dalam negeri.
- Terbitnya Permen ESDM No. 1 tahun 2014 sangat tepat mengingat perkembangan kebutu-

Tabel 3. Jenis produk, manfaat dan harga hasil pengolahan dan/pemurnian pasir zirkon untuk memenuhi kebutuhan berbagai industri pengguna akhir

Jenis produk dan formula dari pengolahan pasir zirkon *	Manfaat/aplikasi	Harga (US\$/ton)
Zirkonia ($ZrO_2 + HfO_2$) $\geq 99\%$	untuk komponen mesin jet, reactor nuklir	10.000 - 14.600 (tergantung spesifikasi, lihat Poernomo (2012) hal. 7, 50)
Pasir Zirkon ($ZrSiO_4$), ($ZrO_2 \geq 65,5\%$) lolos saring 60 mesh $\geq 95\%$	untuk <i>opacifier</i> keramik setelah melalui proses pengolahan menjadi zirkonium silikat	900
Zirkonium silikat ($ZrSiO_4$), ($ZrO_2 \geq 64\%$) lolos saring 325 mesh $\geq 95\%$		
Zirkonium silikat ($ZrSiO_4$), ($ZrO_2 \geq 63\%$) lolos saring d50 = 1,43 \pm 0,16 μm	Digunakan dalam industri keramik, kaca, bahan tahan api, frit dan pengecoran logam	1.400-1.900 (www.alibaba.com, 2014)
Zirkonium silikat ($ZrSiO_4$), ($ZrO_2 \geq 62\%$) lolos saring d50 = 1,1 \pm 0,2 μm		
Zirkonium oksiklorida (ZOC), ($ZrOCl_2 \cdot 8H_2O \geq 90\%$)	digunakan dalam industri tekstil (Forouharshad, 2013), industri karet, cat/pengeringan, bahan tahan api, keramik digunakan pula untuk pembuatan garam lainnya zirkonium, pencelupan tekstil, ladang minyak pengasaman, dalam kosmetik dan gemuk, dan antiperspirant dan penolak air dan lapisan TiO_2 pigmen. (http://www.chemicaland21.com)	1.000-3.000 (www.alibaba.com, 2014)
Zirkonium sulfat (ZOS), $Zr(SO_4)_2 \cdot xH_2O \geq 90\%$	digunakan sebagai reagen analitis, koagulan, dan operator radioaktif fosfor (http://www.chemicaland21.com). Dapat juga digunakan sebagai pelapis pigmen dalam industri kertas (Tyagi and Ray, 2013).	2.600-3.500 (www.alibaba.com, 2014)
Zirkonium berbasis sulfat (ZBS), $Zr_5O_8(SO_4)_2 \cdot 4H_2O \geq 90\%$	digunakan dalam aplikasi seperti penyamakan kulit dan pigmen titanium dioksida, tetapi juga sering dikonversi menjadi bahan kimia zirkonium lain dan oksida (http://www.abscomaterials.com, 2014)	12.58 (Poernomo, 2012)
Zirkonium berbasis karbonat (ZBC) $ZrOCO_3 \cdot xH_2O \geq 90\%$	digunakan dalam pembuatan garam zirkonium, cat kering, pembuatan kertas, pelembut kulit, kosmetik, katalis, keramik, pengering lacquer dan lain-lain	2.000-3.000 (http://cjmatal.en.made-in-china.com)
Amonium zirkonium karbonat (AZC), $(NH_4)_3ZrOH(CO_3)_3 \cdot 2H_2O \geq 90\%$	digunakan dalam pelapisan kertas, cat dan formulasi tinta, pengobatan permukaan logam, perekat, katalis (http://dir.indiamart.com/impicat/zirconium-carbonate.html)	2.000-2.700 (http://www.alibaba.com, 2914)
Zirkonium asetat (ZAC) $H_2ZrO_2(C_2H_3O_2)_2 \geq 90\%$	digunakan sebagai emulsi zirkonium-lilin, refractoryBinder dan Katalis (http://www.dixonchew.com)	10.000-30.000 (www.alibaba.com, 2014)

Tabel 3. Lanjutan ...

Jenis produk dan formula dari pengolahan pasir zirkon *)	Manfaat/aplikasi	Harga (US\$/ton)
Kalium heksafluoro zirkonat (KFZ) $K_2ZrF_6 \geq 90\%$ (atau Potassium hexafluorozirconate) (http://www.sigmaaldrich.com)	digunakan dalam pengolahan logam, sebagai katalis dalam pembuatan bahan kimia, dan untuk keperluan lainnya	4.700-7.000
Zirkonium spon $\geq 85\% Zr$	digunakan dalam produksi logam zirkonium dan paduan, terutama untuk digunakan dalam bahan bakar nuklir cladding, korosi pipa tahan dalam proses kimia tanaman dan penukar panas	32.185 (www.metalprices.com , 2014)
Zirkonium $\geq 95\% Zr$	Zirkonia (juga dikenal sebagai oksida zirkonium atau anhidrida sebagai zirconic, ZrO_2): toksik, bubuk putih berat yang tidak larut dalam air, larut dalam asam mineral; meleleh pada $2700^\circ C$; digunakan dalam glasir keramik, kaca-mata khusus, sebagai bahan abrasif, bahan tahan api, dan komponen kacamata asam dan alkali-tahan dan keramik yang digunakan dalam sel bahan bakar dan obat-obatan, dan untuk membuat kristal piezoelektrik. (http://www.chemicaland21.com/)	522.081 (www.trulia.com , 2014)
Hafnium $\geq 95\% Hf$	digunakan untuk batang kendali di reaktor nuklir dan kapal selam nuklir karena hafnium sangat baik dalam menyerap neutron dan memiliki titik leleh yang sangat tinggi dan tahan korosi. Hal ini digunakan dalam paduan suhu tinggi dan keramik, karena beberapa senyawa yang sangat tahan api: mereka tidak akan meleleh kecuali di bawah suhu paling ekstrem. (www.lenntech.com , 2014)	490 (Hafnium By Steven Munnoch, Avon Metals Ltd., www.mmta.co.uk , 2014) 1.000.000-3.000.000 (www.swissmetalassets.com/tag/hafnium-producers)

*) Berdasarkan Permen ESDM No. 1 Tahun 2014.

Tabel 4. Produk pengolahan pasir zirkon prospektif daam dunia industri

No.	Jenis produk	Formula	Kadar
1.	<i>zircon opacifier</i>	(ZrO ₂ .SiO ₂)	(% berat) (ZrO ₂ + HfO ₂) > 66% SiO ₂ < 32%, Al ₂ O ₃ < 0,45%, Fe ₂ O ₃ < 0,10%, TiO ₂ < 0,15%, dan (U + Th) < 500 ppm
2.	<i>zirconil chloride</i>	(ZrOCl ₂ .8H ₂ O)	(ZrO ₂ + HfO ₂) > 35%, SiO ₂ < 0,01, Al ₂ O ₃ < 0,02%, Fe ₂ O ₃ < 0,005%, TiO ₂ < 0,002%, CaO < 0,01%, Na ₂ O < 0,04%
3.	<i>zirconium hydroxide</i>	Zr(OH) ₄	(ZrO ₂ + HfO ₂) 45 – 55%, SO ₄ = 3 – 4%, Si = 300 ppm, Al < 25 ppm, Fe < 20 ppm, Ti < 50 ppm.
4.	<i>zirconia</i>	(ZrO ₂) untuk komponen mesin jet	kadar (ZrO ₂ + HfO ₂) ≥ 99,5%, HfO ₂ < 100 ppm, SiO ₂ < 0,2%, Al ₂ O ₃ < 100 ppm, Fe ₂ O ₃ < 200 ppm, TiO ₂ < 100 ppm, LOI < 0,5%.
5.	<i>zirconia</i>	(ZrO ₂) untuk reaktor nuklir	ZrO ₂ = 99,5%, HfO ₂ < 100 ppm, SiO ₂ = 1000 ppm, Al ₂ O ₃ < 100 ppm, Fe ₂ O ₃ = 200 ppm, TiO ₂ < 100 ppm, SO ₄ < 0,5%.
6.	<i>zirkonium oksinitrat</i>	ZrO(NO ₃) ₂ .2H ₂ O dengan kemurnian 99,9% untuk reaktor nuklir	kadar HfO ₂ < 100 ppm, SiO ₂ < 100 ppm, Al ₂ O ₃ < 25 ppm, Fe ₂ O ₃ < 50 ppm, TiO ₂ < 25 ppm, Cl ₂ < 100 ppm
7.	<i>zirconium tetrachloride</i>	ZrCl ₄ dengan kemurnian (Zr + Hf)Cl ₄ = 99,95% untuk reaktor nuklir	HfO ₂ = 50 – 100 ppm, SiO ₂ = 25 – 100 ppm, Al ₂ O ₃ = 25 – 100 ppm, Fe ₂ O ₃ = 25 – 100 ppm, TiO ₂ = 25 – 50 ppm, insoluble < 0,1%
8.	<i>zirconium basic sulphate</i> (ZBS)	ZrCl ₄ dengan kemurnian (Zr + Hf)Cl ₄ = 99,95% untuk reaktor nuklir	ZrO ₂ = 35,0%, SO ₄ = 18,5%, SiO ₂ < 0,05%, Al ₂ O ₃ < 0,03 %, Fe ₂ O ₃ < 0,003%, TiO ₂ < 0,04%, Na ₂ O < 0,01%, Cl < 0,4%, bulk density = 55,0 lb/ft ³

Tabel 4. Produk pengolahan pasir zirkon prospektif daam dunia industri

No.	Jenis produk	Formula	Kadar
9.	<i>zirconium sponge</i>	untuk kelas industri	(ZrO ₂ + HfO ₂) minimum 95%, C = 500 ppm, O = 3000 ppm, N = 3000 ppm, Cl = 1500 ppm, Mg = 1000 ppm, Al = 500 ppm, Cr = 1000 ppm, Fe = 10.000 ppm, Nb = 500 ppm, Ni = 500 ppm, Si = 500 ppm, Sn = 500 ppm, Ti = 1000 ppm;
10.	<i>zirconium sponge</i>	untuk kelas <i>alloy rotate</i>	(ZrO ₂ + HfO ₂) = 99,2%, C = 300 ppm, O = 900 ppm, N = 80 ppm, Cl = 500 ppm, Mg = 600 ppm, Al = 500 ppm, B = 10 ppm, Bi = 50 ppm, Cd = 35 ppm, Cu = 100 ppm, Cr = 400 ppm, Fe = 2000 ppm, Hf = 10.000 ppm, H = 50 ppm, Mn = 100 ppm, Mo = 100 ppm, Na = 100 ppm, Nb = 500 ppm, Ni = 200 ppm, P = 100 ppm, Pb = 100 ppm, S = 20 ppm, Si = 150 ppm, Sn = 500 ppm, Ta = 200 ppm, Ti = 200 ppm, W = 500 ppm
11.	<i>zirconium sponge</i>	untuk kelas reaktor ASTM B349	(ZrO ₂ + HfO ₂) = 99,5%, C = 250 ppm, O = 1400 ppm, N = 50 ppm, Cl = 1300 ppm, Al = 75 ppm, B = 0,5 ppm, Cd = 0,5 ppm, Co = 20 ppm, Cu = 30 ppm, Cr = 200 ppm, Fe = 1500 ppm, Hf = 100 ppm, Mn = 50 ppm, Mo = 50 ppm, Ni = 70 ppm, Si = 120 ppm, Ti = 50 ppm, W = 50 ppm, U = 3 ppm
12.	<i>zirconium sponge</i>	untuk kelas reaktor <i>rotate</i>	(ZrO ₂ + HfO ₂) = 99,55%, C = 250 ppm, O = 800 ppm, N = 50 ppm, Cl = 400 ppm, Al = 75 ppm, B = 0,5 ppm, Bi = 50 ppm, Cu = 30 ppm, Cr = 100 ppm, Fe = 600 ppm, Hf = 100 ppm, Mn = 50 ppm, Mo = 50 ppm, Na = 50 ppm, Nb = 100 ppm, Ni = 50 ppm, P = 50 ppm, Pb = 100 ppm, S = 20 ppm, Si = 100 ppm, Sn = 200 ppm, Ta = 200 ppm, Ti = 50 ppm, W = 40 ppm

han zirkon terutama oleh dunia industri keramik yang saat ini berkembang sangat pesat.

- Selain itu, terbitnya permen ini akan memberikan peluang yang sangat luas bagi pengusaha pasir zirkon Indonesia untuk memasarkan produknya dalam industri dunia.

Saran

- Perusahaan zirkon Indonesia sebaiknya membidik pangsa pasar di Asia, pangsa pasar yang cukup realistis adalah negara dengan jarak yang dekat yaitu Korea Selatan, Taiwan, Thailand, Malaysia dan Vietnam mengingat lokasi dan biaya pengiriman.
- Sebaiknya pendirian pabrik pengolahan pasir zirkon Indonesia tidak hanya memasarkan satu jenis produk saja (zirconium silikat), tetapi harus mampu menguasai teknologi pengolahan pasir zirkon lainnya seperti yang telah diamanatkan dalam Permen ESDM No. 1 Tahun 2014 tentang peningkatan nilai tambah mineral.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada media elektronik dan para editor yang telah memberikan inspirasi dan motivasi hingga terwujudnya makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryanda, Dadang, 2009, Zirkon, <http://kampungminers.blogspot.com>, tanggal 6 Maret 2013 tahun 2013, jam 17:09.
- Casasola, R., Rincón, J.Ma. dan Romero, M., 2006. Glass-ceramics glazes for ceramic tiles –a review *Journal of Material Science*, 47 (2012) 553-582; doi: 10.1007/s10853-011-5981-y, Group of Glassy and Ceramic Materials, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, CSIC. C/ Serrano Galvache 4, 28033 Madrid, Spain.
- Djamaluddin, Meinarni, T. dan Alfajrin, A., 2012. Potensi dan prospek peningkatan nilai tambah mineral logam di Indonesia (Suatu kajian terhadap upaya konservasi mineral), Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, *Prosiding 2012*, Hasil Penelitian Fakultas Teknik, Halaman Tg3 – 1 S/D Tg3 – 14, Makassar.
- Forouharshad, M., Montazer, M. dan Roudbari, Y., 2013. Irconium oxychloride as a novel mordant for natural

dyeing of wool yarns, *Journal of Textiles*, Volume 2013 (2013), Article ID 565382, 6 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/565382>.

- Gaspersz, Vincent, 1992. *Analisis sistem terapan berdasarkan pendekatan teknik industri*, penerbit tarsito, Bandung, hal. 104-175.
- Hao, Eileen and Baylis, Robert, 2012. *Chinese ceramic raw material market trends and trade*, Roskill Information Services Ltd. 28th March 2012, www.roskill.com/news, 22-11-2013, jam 10:25.
- Iluka a), 2013. Mineral Sands Industry, Fact Book, www.iluka.com/.../industry.../mineral-sands-indus..., jam 16:51, tanggal 13 Juli 2013.
- Iluka b), 2013. *Briefing paper mineral sands cycles*, www.iluka.com/.../mineral-sands-briefing-papers, April 2013.
- Iluka c), 2013. *Briefing paper modernisation, Thrifting & Substitution In The Manufacture Of Tiles*, December 2012.
- Loferski, P.J., 2013. Zirkonium and hafnium, *USBS Mineral Yearbook 2011*, February, 2013.
- Poernomo, Herry, 2012. *Informasi umum zirkonium*, Pusat Teknologi Akselerator Dan Proses Bahan, Badan Tenaga Nuklir Nasional, hal. 19, Yogyakarta.
- Porter, R, 2013. *Briefing paper mineral sand cycles*, April 2013.
- Putriyani D., Oswari T., 2005. Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi permintaan konsumsi minyak tanah rumah tangga (Studi kasus: konsumsi minyak tanah rumah tangga di kecamatan Sukmajaya, Depok), *Proceeding, Seminar Nasional PESAT 2005*, Auditorium Universitas Gunadarma, Jakarta 23-24 Agustus 2005, ISSN:18582559.
- Roskill, 2012. *Zirkon : Global Industri Minerals & Outlook*, 2011.
- Suseno a), T., 2014. Analisis prospek pemanfaatan zirkon dalam industri keramik, frit, bata tahan api dan pengecoran logam di dalam Negeri.
- Suseno b), T., 2014. Analisis perkiraan biaya pengolahan pasir zirkon (ZrSiO₄) menjadi pasir zirkon berkadar ZrO₂ ≥ 65,5% dan zirkonium silikat.
- Tyagi Sanjay dan Ray A.K., 2013. Statistical prediction of coating color formulation with zirconium sulphate using draper- Lawrence Design, *Journal of Scientific Research and Reviews ISSN 2277 0690*, Volume 2(4), pp. 067 - 074, August 2013, Wudpecker Journals.

- USGS, 2013. *Mineral commodity summaries, zirkonium and hafnium*, January 2013.
- www.researchinchina.com, 2014. Global and China Zirconium Industry Report, 2013-2016, 12 April 2014, Jam 23:24.
- www.mining.com, 2013. Supply shortage of zircon to continue, further price rises unsustainable, Roskill Information Services | June 16, 2011, jam 15:04 tanggal 14 Juli 2013.
- www.infotile.com/pdfFile/, 2013, World Production and Consumption of Ceramic Tiles, Jam 11:36, 3 Agustus 2013.
- www.minerals.usgs.gov/.../zirconium/, 2013, Zirconium and Hafnium, U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2011, jam 21:44, Tanggal 14 Juli 2013, p. 191.
- www.diatreme.com.au/.../2011/Zircon, 2013, Zircon (Zr-SiO₄) Demand growing, Supply struggling, Ceramics and Sanitary ware, driven by China's urbanisation, Jam 12:32, 22 November 2013.
- www.slideshare.net/ Tehama/alister-mac-donald, 2014, Dubbo Zirconia Project Overview, Presentation Transcript, Jam 20:10, 11 April 2014.
- www.Alibaba, 2014, Zirconium Silicate, Global Trade.
- www.zirkon-association.org, 2014, Zirkon sand, Zirkon Industri Association, 6 Feb 2014, jam 9:52.
- www.mineraldeposits.com.au, 2013, *Mineral Deposits, Zircon & Titanium mining and processing*, Investor Presentation, September 2012, tanggal 13 Juli 2013, Jam 17:24.
- www.iluka.com/, 2015, Iluka Annual Report, 2013, hal. 51, 26 Januari 2015, Jam 10:10.