

ANALISIS BIAYA PENGOLAHAN PASIR ZIRKON ($ZrSiO_4$) MENJADI PASIR ZIRKON BERKADAR $ZrO_2 \geq 65,5$ % DAN MICRONIZED ZIRKON

Analysis of Zircon Sand ($ZrSiO_4$) Processing Cost to be Zircon Sand $ZrO_2 \geq 65.5$ % and Micronized Zircon

TRISWAN SUSENO

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

ABSTRAK

Meningkatkan kadar pasir zirkon ($ZrSiO_4$) menjadi pasir zirkon berkadar $ZrO_2 \geq 65,5\%$ dan berukuran butir lolos saring 60 mesh $\geq 95\%$ merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan nilai tambah dari bahan baku tersebut sesuai dengan amanat dalam Permen ESDM No. 8 Tahun 2015 tentang Perubahan Atas Permen ESDM No.1 Tahun 2014 tentang Peningkatan Nilai Tambah Mineral Melalui Kegiatan Pengolahan dan Pemurnian Mineral di Dalam Negeri. Dengan menggunakan pemisah magnetik dan *high tension separator* kadar pasir zirkon dapat ditingkatkan menjadi pasir zirkon berkadar $ZrO_2 \geq 65,5$ %. Berdasarkan hasil perhitungan finansial terhadap usaha pengolahan pasir zirkon ($ZrSiO_4$) menjadi konsentrat berkadar $ZrO_2 \geq 65,5\%$, dengan menanamkan modal sebesar Rp.24.307.625.000,- diperkirakan akan memperoleh keuntungan sekarang (*net present value*, NPV) sebesar Rp.26.201.238.738,-, indeks profitabilitas sebesar 1,21 dan indikator tingkat efisiensi (*internal rate of return*, IRR) sebesar 29,35% per tahun dengan pengembalian modal pada 3 tahun 5 bulan. Apabila diolah menjadi *micronized zircon*, dengan bermodal Rp.59.066.750.000,- ternyata mendapatkan NPV sebesar Rp.94.154.606.887,-, indeks profitabilitas sebesar 1,38, dan indikator tingkat efisiensi (IRR) sebesar 25,60% per tahun dengan pengembalian modal setelah 2 tahun 9 bulan. Berdasarkan perhitungan di atas, usaha pengolahan pasir zirkon untuk menghasilkan *micronized zircon* tersebut layak untuk diusahakan. Membangun pabrik pengolahan *micronized zircon* jauh lebih menguntungkan karena nilai tambahnya 2 kali lebih besar dibandingkan dengan hanya mengolahnya menjadi konsentrat zirkon berkadar ZrO_2 minimum 65,5%.

Kata kunci: pasir zirkon, *micronized zircon*, NPV, IRR, PP.

ABSTRACT

Upgrading zircon sand ($ZrSiO_4$) into zircon sand concentrate containing $ZrO_2 \geq 65.5\%$ ($\geq 95\%$ passes 60 mesh of screen) is an effort to improve the value-added of raw product, that corresponds with Ministerial Regulation of ESDM Number 8, 2015; which mandates the purpose of improving zircon sand value-added through processing and purification activities. Using magnetic separator and high tension separator the grade of zircon sand can be increased into zircon sand ($ZrSiO_4$) concentrate containing $ZrO_2 \geq 65.5\%$. Based on financial calculation of zircon sand ($ZrSiO_4$) processing business of $ZrO_2 \geq 65.5\%$ by investing Rp.24,307,625,000,- it is estimated to gain the net present value (NPV) as much as Rp.4,375,210,319,- profitability index 1.21 and internal rate of return (IRR) 29.35% annually with return on investment after 3 years and 5 months. Whereas investing in micronized zircon processing business as much as Rp.59,066,750,000 generates NPV Rp.94,154,606,887, profitability index 1.38, and IRR 37.31% annually with return on investment after 2 years and 9 months. Both zircon sand processing business are feasible.

However, establishing micronized zircon processing plant is more profitable than that of processing zircon concentrate ($ZrO_2 + HfO_2$) containing 65.5% ZrO_2 , since its value-added is 2 times greater.

Keywords: zircon sand, micronized zircon, NPV, IRR, PP.

PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat dunia terhadap barang-barang yang mengandung zirkon, telah mendorong meningkatnya permintaan komoditas ini. Permintaan ini terutama dari industri keramik, frit, pengecoran logam dan bata tahan api. Namun untuk memenuhi permintaan dari industri-industri tersebut pasir zirkon harus memenuhi spesifikasi tertentu. Penggunaan pasir zirkon dalam industri keramik terutama sebagai penguat dan glasir, zirkon yang digunakan berbentuk tepung zirkon (*micronized zircon*). Zirkon berperan untuk menghasilkan keramik putih dan keramik berwarna yang bermutu tinggi, khusus keramik untuk keperluan rumah tangga (*tableware*) dan keramik ubin (*tile ceramic*) (Casasola, 2012). Zirkon dapat dibuat menjadi bata tahan api yang digunakan untuk melapisi tungku peleburan baja dan gelas. Sebagai pasir cetak dalam pengecoran logam umumnya digunakan untuk menghasilkan produk cetakan yang mempunyai permukaan halus. Demikian pentingnya peran zirkon dalam industri-industri tersebut, menjadikan komoditas ini memiliki prospek yang sangat cerah. Sehingga perlu dikaji mengenai teknologi proses dan nilai keekonomian pengolahan pasir zirkon yang sesuai dengan spesifikasi industri pengguna. Terbitnya Permen ESDM No. 8 Tahun 2015 tentang Perubahan atas Permen ESDM No.1 Tahun 2014 tentang Peningkatan Nilai Tambah Mineral Melalui Kegiatan Pengolahan dan Pemurnian Mineral di Dalam Negeri, khususnya pasir zirkon yang boleh diekspor sesuai batasan produk, seperti tercantum dalam Lampiran II Nomor 1 Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 8 Tahun 2015 tersebut, mendorong usaha ini menjadi bergairah kembali setelah dua tahun sebelumnya mengalami kelesuan. Investasi pengolahan pasir zirkon ($ZrSiO_4$) dengan kadar minimum $ZrO_2 \geq 65,5\%$ dan *micronized zircon* mempunyai resiko cukup tinggi karena bahan baku pasir zirkon merupakan mineral ikutan dalam endapan *alluvial* emas (Poernomo, 2012) sehingga ada

ketidakpastian keberadaan sumberdaya mineral tersebut. Namun demikian, peluang untuk mengembangkan usaha dibidang pengolahan pasir zirkon di Indonesia masih terbuka cukup luas karena masih banyak daerah yang mengandung bahan galian tersebut yang belum dioptimalkan, seperti di Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah. Oleh karena itu, usaha ini merupakan peluang yang cukup menjanjikan bagi para investor untuk menginvestasikan uangnya pada industri pengolahan pasir zirkon. Pengolahan ini mampu meningkatkan nilai tambah dan mendukung hilirisasi industri karena konsentrat zirkon dengan kadar minimum $ZrO_2 \geq 65,5\%$ atau *micronized zircon* banyak dibutuhkan oleh industri hilir, baik di dalam maupun diluar negeri (Suseno dkk., 2015 dan Suseno, 2015).

Dalam melakukan investasi, setiap perusahaan umumnya akan berusaha agar perluasannya dapat berkembang sesuai dengan tujuan perusahaan, yaitu untuk mendapatkan laba sebesar-besarnya untuk kelangsungan hidup perusahaan (Sugiharto, 2002). Oleh karena itu, waktu pengembalian modal yang ditanamkan dalam usaha ini menjadi sangat penting apakah usaha tersebut dapat memberikan keuntungan secara finansial. Oleh karena itu, di dalam makalah ini akan dikaji mengenai kelayakan usaha pengolahan pasir zirkon menjadi pasir zirkon ($ZrSiO_4$) dengan kadar $ZrO_2 \geq 65,5\%$ atau zirkonium silikat, serta kajian kelayakan investasi usaha pengolahan zirkon dan kemampuan investasinya dalam memberikan keuntungan terhadap jumlah modal yang ditanam. Kajian ini akan menitikberatkan pada penentuan layaknya investasi, selain juga dalam rangka mendukung Permen ESDM No. 8 Tahun 2015 (www.esdm.go.id, 2016).

Berikut ini akan diuraikan tentang teknologi pengolahan pasir zirkon dan *micronized zircon*, serta perkiraan besar investasi yang ditanamkan untuk membangun pabrik ini. Penulis telah melakukan kunjungan ke salah satu perusahaan pengolahan *micronized zircon* di Provinsi Jawa Barat untuk

mengetahui besarnya biaya investasi peralatan berikut bahan-bahan yang digunakan dalam pengolahannya. Dari data dan informasi tersebut akan dihitung mengenai keekonomian (Sudiyanto dkk, 2011), mulai dari bahan baku pasir zirkon yang diolah hingga menjadi konsentrat zirkon ($ZrO_2 + HfO_2$) berkadar $ZrO_2 \geq 65,5\%$ atau *micronized zircon* sehingga bisa diketahui nilai tambahnya.

METODE

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder, baik bersifat kualitatif maupun kuantitatif. Data primer diperoleh dari wawancara, pengamatan, dan pencatatan secara langsung di lokasi penelitian pabrik pengolahan, sementara pemilihan lokasi industri ditentukan dengan sengaja (*purposive*). Sedangkan data sekunder didapatkan dari berbagai sumber dalam bentuk laporan, baik yang telah dipublikasikan maupun yang tidak, antara lain Dinas Pertambangan dan Energi, Badan Pusat Statistik, hasil-hasil penelitian terdahulu dan literatur lainnya yang terkait dengan penelitian, serta media internet.

Kajian kelayakan investasi

Analisis kelayakan keuangan (finansial) dilakukan dengan melakukan perhitungan secara finansial untuk mengetahui kelayakan usaha secara *privat*, dalam hal ini kelayakan yang dilihat dari sudut pandang individu atau pelaku usaha pengolahan zirkon. Perhitungan secara finansial ini menggunakan komponen biaya dan manfaat untuk memudahkan pengelompokkan kedua bagian tersebut dan juga menggunakan kriteria investasi untuk mengetahui tingkat kelayakan usaha secara kuantitatif.

Metode yang dapat dipakai dalam penilaian aliran kas dari suatu investasi atau yang biasa disebut dengan kriteria investasi (Suparmoko, 1989 dan Gaspersz, 1992), yaitu :

- *Net Present Value* (NPV)
Net Present Value (NPV) dapat diartikan sebagai nilai sekarang dari arus pendapatan yang ditimbulkan oleh penanaman investasi (Subekti, 2013).

Secara matematis, perhitungan NPV dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$NPV(i) = \sum_{t=1}^n B_t (1+i)^{-t} - \sum_{t=0}^n C_t (1+i)^{-t}$$

Dalam hal ini,

NPV = *Net Present Value* = nilai bersih (keuntungan) saat sekarang pada *interest rate-i* per satuan waktu.

B_t = total penerimaan (*benefit*) atau manfaat untuk kegiatan usaha pada waktu ke-t.

C_t = total biaya yang dikeluarkan (*cost*) untuk kegiatan usaha pada waktu ke-t.

$(1+i)^{-1}$ = faktor nilai sekarang (*present worth factor*) atau *discount factor* yang merupakan faktor koreksi pengaruh waktu terhadap nilai uang pada periode t dengan *interest rate-i* waktu t.

I = Suku bunga yang digunakan

T = priode waktu ke-t

Kriteria suatu usaha memenuhi kelayakan ekonomi apabila NPV (i) lebih besar dari pada nol (Hidayat, 2012), yang tidak lain identik dengan tingkat keuntungan proyek (dalam nilai sekarang) lebih besar dari pada nol.

- *Internal Rate of Return* (IRR)
Internal Rate of Return (IRR) adalah suatu indeks keuntungan (*probability index*) yang telah digunakan secara luas dalam analisis usaha (Rachmawan, 2011 dan Sudiyanto, 2011). Secara definisi IRR adalah *interest rate (i)* yang membuat nilai sekarang dari arus penerimaan dan pengeluaran usaha menuju nol. Tingkat bunga maksimum yang dapat dibayar oleh suatu usaha untuk sumberdaya yang digunakan, karena usaha tersebut memerlukan dana untuk pemenuhan biaya-biaya operasi dan investasi dari usaha baru sampai tingkat pengembalian modal. Secara matematis, perhitungan IRR dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_1 - i_2)$$

Dalam hal ini,

IRR = *internal rate of return*.

i_1 = Suku Bunga yang menghasilkan NPV positif.

i_2 = Suku Bunga yang menghasilkan NPV negatif.

NPV₁ = NPV positif.

NPV₂ = NPV negatif.

- *Payback Period* (PP)

Perhitungan *payback period* (PP) pada usaha ini bertujuan untuk mengetahui waktu atau periode pengembalian dari nilai total investasi yang dikeluarkan pada umur usaha. Usaha ini dikatakan layak jika nilai PP kurang dari umur usaha tersebut (PP < umur usaha). Perhitungan *payback period* secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Discounted payback period} = \frac{I}{Ab} \times 1 \text{ tahun}$$

Dalam hal ini,

I = Nilai Investasi

Ab = Kas Masuk Bersih yang telah di diskonto.

Pengertian tentang produk domestik regional bruto dan nilai tambah

Data produk domestik regional bruto (PDRB) adalah salah satu indikator ekonomi makro yang dapat menunjukkan kondisi perekonomian suatu daerah setiap tahun. PDRB pada dasarnya merupakan jumlah nilai tambah yang dihasilkan oleh seluruh unit usaha dalam suatu daerah tertentu, atau merupakan jumlah nilai barang dan jasa akhir (neto) yang dihasilkan oleh seluruh unit ekonomi (BPS, 2012). Berdasarkan teori ekonomi, pengertian nilai tambah adalah nilai produksi dikurangi biaya antara (*intermediate cost*), yaitu biaya pembelian/biaya yang diperoleh dari sektor lain yang telah dihitung sebagai produksi di sektor lain atau berasal dari impor (dihitung sebagai nilai produksi di negara pengekspor). Pada umumnya yang termasuk dalam nilai tambah suatu kegiatan produksi/jasa adalah berupa upah/gaji, laba, bunga uang yang dibayarkan (berupa bagian dari biaya), dan pajak, serta sumbangan untuk pemberdayaan/pengembangan masyarakat lokal.

TEKNOLOGI PENGOLAHAN PASIR ZIRKON

Sebagaimana telah dijelaskan dalam makalah sebelumnya (Suseno dkk., 2015), bahwa kualitas zirkon sangat tergantung dari jenis industri yang menggunakannya. Di dalam industri keramik, jenis yang paling banyak digunakan adalah tepung zirkon (*zircon powder*) yang disebut *micronized zircon* dengan kadar ZrO₂ minimum 65,5%. Saat ini, Indonesia baru memiliki tiga perusahaan penghasil *micronized zircon*, yaitu PT. Monokem Surya (MS), PT. Dian Lestari Sejahtera (DLS) dan PT. Iason Dunia Indonesia. Sedangkan perusahaan lain yang akan membangun adalah PT. Investasi Mandiri Interzircon, PT. Mandor Utama Mineral, PT. Lubuk Katingan Perdana, PT. Irfan, dan PT. Prima Utama Mineral (Yazid, 2013).

PT. DLS adalah perusahaan pertama di Indonesia yang memproduksi *milled zircon* (+325 mesh dan +425 mesh) dan *micronized zircon* (1,5-5 mikron). Pada tahun 2012, seluruh produknya sekitar 7.450 ton untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri, yaitu industri keramik sebanyak 3.700 ton, industri frit 2.500 ton, pasir cetak pada industri pengecoran logam 1.000 ton dan bahan tahan api 250 ton. *Frit* dan pengecoran logam adalah perusahaan yang paling banyak menggunakan *micronized zircon* berukuran *milled zircon* (+325 mesh dan +425 mesh).

Bahan baku yang digunakan untuk memproses *micronized zircon* adalah pasir zirkon yang berasal dari Provinsi Kalimantan Tengah dengan kadar (ZrO₂) 40%, harganya sekitar USD 490 per ton. Setelah diolah menjadi *micronized zircon* dengan kadar (ZrO₂) minimum 62%, harganya sekitar USD1.800 per ton. Pada tahun 2012, PT. Monokem Surya membangun pabrik pengolahan (ZrO₂+HfO₂), pabrik ini mulai beroperasi sejak tahun 2013 yang memproduksi (ZrO₂+HfO₂) antara 2.000 ton per bulan atau 24.000 ton per tahun. Jenis zirkon yang diproduksi adalah konsentrat zirkon dengan kadar ZrO₂ antara 65-66 *micronized zircon*.

Peralatan pengolahan yang digunakan oleh PT. DLS ini, hampir seluruhnya didatangkan dari luar negeri (impor), hanya sebagian kecil

dari mesin tersebut sudah dimodifikasi dan dibuat di dalam negeri. Mesin yang diimpor antara lain *magnetic separator*, *high tension separator*, *ballmill*, *filter press*, sebagian *powder dryer*. Mesin yang dibuat di dalam negeri adalah meja goyang, pengering pasir (*sand dryer*), perlengkapan *ballmill*, sebagian pengering tepung. Produk yang dihasilkan oleh perusahaan ini antara lain konsentrat zirkon kadar 65,5%, *zircon flour 325 mesh*, *zirconium silicated nano* dan *zirconium silicated ultrafine*. Penggunaan pemisah magnetik (*magnetic separator*) dan *high tension separator* pernah juga dilakukan oleh Supriyono dkk. (2006) untuk pasir zirkon yang berasal dari Pulau Bangka yang berhasil meningkatkan kadar pasir zirkon dari 18,30% hingga mencapai ($ZrSiO_4$) 94,76%. Peralatan yang digunakan dalam peningkatan kadar ZrO_2 dari pasir zirkon adalah *jig*, meja goyang, pengering, *magnetic separator*, *high tension separator*, penggiling, *filter press*, *powder dryer* dan mesin pengepakan. Pasir zirkon yang digunakan sebagai bahan baku dalam pemrosesan ini berasal dari Provinsi Kalimantan Tengah dengan kadar $ZrO_2 \leq 40\%$). Pasir zirkon dimasukkan ke dalam pemisah spiral (*humphrey spiral*) kemudian dilakukan proses pemisahan dengan pengotor lainnya (ilmenit, rutil dan pasir kuarsa) menggunakan meja goyang. Hasil yang diperoleh dari proses ini terdiri atas konsentrat zirkon sekitar 2/3 bagian dan 1/3 bagian berupa ilmenit, rutil, dan pasir kuarsa. Konsentrat zirkon ini dikeringkan di dalam *rotary dryer* untuk menghilangkan kadar air kemudian dimasukkan ke dalam *magnetic separator* untuk memisahkan material magnet dari non magnet. (Silva, 2012). Proses selanjutnya adalah dengan menggunakan mesin *high tension separator* untuk memisahkan mineral-mineral yang bersifat konduktor, seperti ilmenit dari pasir kuarsa bersifat *non-conductor*. Karena pasir zirkon dari *magnetic separator* masih bercampur dengan kuarsa, maka dilakukan pemisahan secara gravitasi hingga diperoleh konsentrat zirkon dengan kadar 66% ZrO_2 dan butiran kuarsa berupa *tailing*. Pengolahan dilanjutkan ke proses penggerusan di dalam silinder (tabung) menggunakan bola penggerus (*ball mill*) berdiameter 2 inch yang

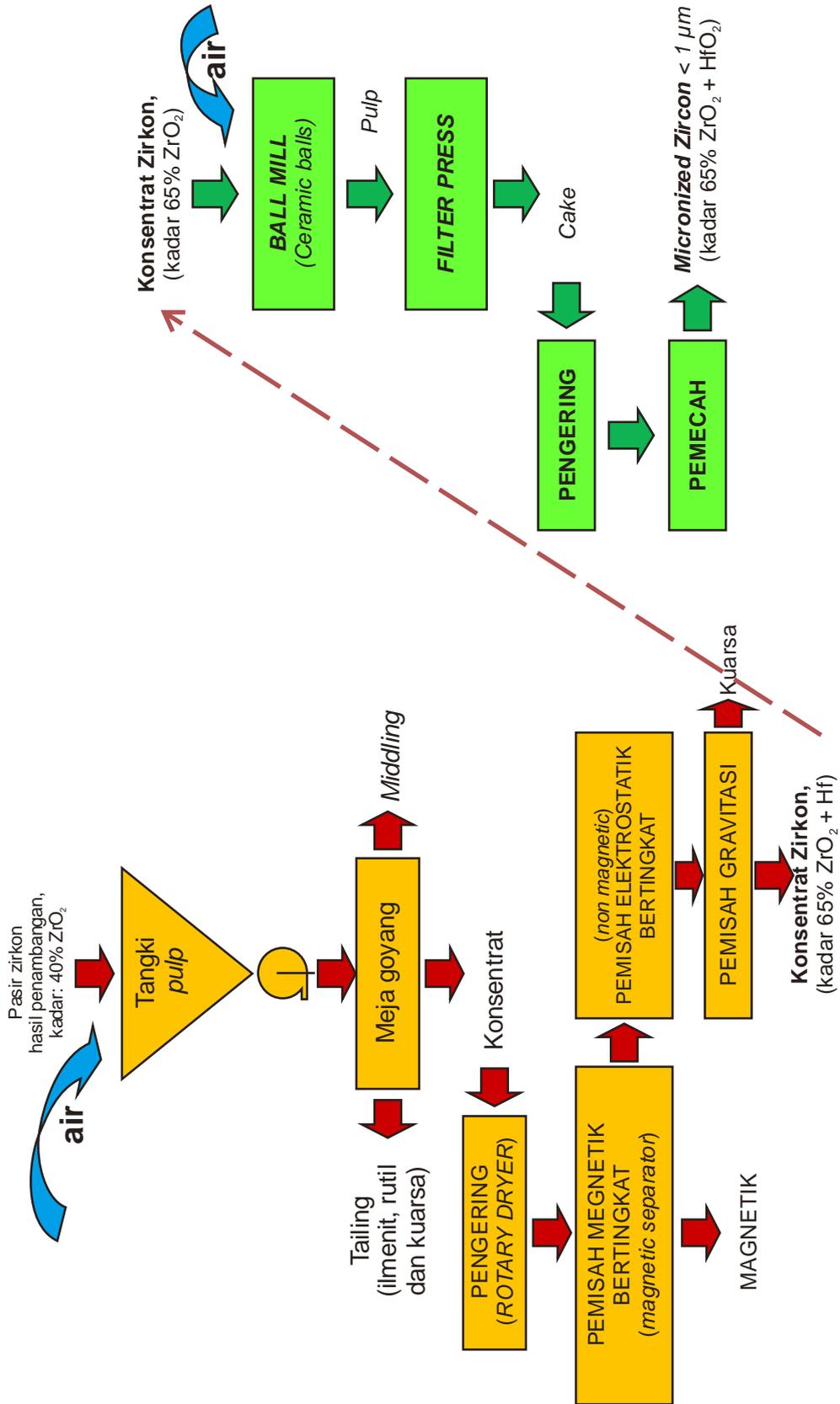
berbahan baku bauksit. Kapasitas tabung ± 40 ton yang berisi pasir zirkon ± 15 ton dan bola penggerus ± 18 ton, hasilnya adalah:

- konsentrat pasirzirkon berukuran 325 mesh membutuhkan waktu sekitar 45 jam, sedangkan
- *micronized zircon* (tepung zirkon) berukuran $\leq 1 \mu m$ (*micronized zircon*) membutuhkan waktu sekitar 6 hari.

Produk-produk tersebut kemudian difiltrasi dengan menggunakan mesin *filter press* untuk menghilangkan/mengurangi air (karena proses *grindingnya* dalam bentuk basah/*wet*), sehingga tepung zirkon perlu dibentuk seperti lempengan kue (*zircon cake*). Produk-produk tersebut kemudian dikeringkan dengan menggunakan mesin pengering pasir (*sand dryer*) atau pengering tepung (*powder dryer*) untuk mengeringkan dan mengubah *cake* menjadi tepung. Sebelum dipasarkan, *micronized zircon* ($ZrSiO_2 + HfO_2$) kadar minimum 65,5% ZrO_2 dikemas ke dalam karung berukuran 25kg dengan menggunakan mesin pengepak.

Bagan alir proses pengolahan *micronized zircon* yang dilakukan di PT. DLS dapat dilihat pada Gambar 1, sedangkan peralatannya dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3, sedangkan Gambar 4 adalah jenis produknya.

Sejak akhir tahun 2013, produsen bijih mineral jenis zirkon PT Dian Lestari Sejahtera (DLS) telah merampungkan kegiatan konstruksi untuk peningkatan kapasitas pabrik pengolahan *micronized zircon*. Kapasitas pabrik perusahaan itu akan mencapai 36.000 ton per tahun atau meningkat lima kali lipat dibandingkan kapasitas produksi tahun lalu sebesar 7.200 ton. Pihaknya menginvestasikan dana senilai USD 2 juta untuk proyek pengembangan pabrik tersebut dan telah mencapai 95% dan siap dioperasikan secara penuh. Seluruh produksi *micronized zircon* dari DLS dipasok untuk kebutuhan domestik. Umumnya, produk itu disuplai ke pabrik keramik, seperti Group Mulia dan Group Arwana yang merupakan dua pabrik keramik besar di Indonesia (Yazid, 2013).



Gambar 1. Bagan alir pengolahan pasir zirkon – konsentrat zirkon ($ZrO_2 + HfO_2$) berkadar $ZrO_2 \geq 65,5\%$ – micronized zircon (Aziz, 2014)



Humphrey spiral



Meja goyang (*shaking table*)



Mesin pengering



Mesin press zirkon (*zircon cake*)



Mesin penggerus



Mesin pemisah ukuran butir



Mesin pengepak tepung zirkon



Kemasan tepung zirkon

Gambar 2. Peralatan proses pengolahan pasir zirkon menjadi *micronized zircon* di PT. DLS



Gambar 3. Penambahan satu unit alat mill untuk penggerusan pasir zirkon menjadi *micronized zircon* di PT. DLS, kapasitas 24.000 ton.

Di bawah ini adalah berbagai produk yang dihasilkan oleh PT. DLS (Gambar 4).



Konsentrat zirkon kadar 65,5%



Zircon flour 325 mesh (micronized)



Zirconium silicated nano



Zirconium silicated ultrafine (micronized)

Gambar 4. Beberapa jenis produk lanjut dari pasir zirkon yang diproduksi oleh PT. DLS

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkiraan biaya investasi pengolahan pasir zirkon menjadi micronized zircon di PT. DLS

Sebelum mengambil keputusan untuk melakukan investasi, selain melakukan tinjauan dari segi teknis, salah satu syarat terpenting yang juga harus diperhatikan adalah mengkaji aspek finansial dan keekonomian. Sebelum dilakukan investasi, perlu dilakukan estimasi pengeluaran dan penerimaan keuangan selama umur proyek (pabrik) yang merupakan aliran kas keuangan perusahaan (*future cash flow*). Aliran keuangan tersebut akan dipakai sebagai acuan dalam menilai kelayakan proyek investasi dari aspek keekonomiannya. Perhitungan biaya investasi usaha pengolahan *micronized zircon* mengacu pada salah satu perusahaan pengolah zirkon di Indonesia yaitu PT. Dian Lestari Sejahtera (DLS). Nilai kompo-

nen yang dihitung berasal dari hasil survei yang dilakukan pada 2013, meliputi aspek-aspek biaya dan manfaat. Perhitungan finansial menggunakan dua model pengolahan, yaitu pengolahan bahan baku pasir zirkon menjadi konsentrat zirkon berkadar 65,5% ZrO₂ dan menjadi *micronized zircon*.

Menghitung biaya modal investasi, modal kerja dan biaya operasi

- 1) Pengolahan pasir zirkon kadar 40% ZrO₂ menjadi konsentrat 65,5% ZrO₂
Alternatif kedua dari perhitungan biaya investasi dan keuntungan dari pendirian pabrik pengolahan pasir zirkon yang berkadar 40% ZrO₂ menjadi kadar 65% ZrO₂, rincian biayanya dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Biaya investasi pendahuluan pada pengolahan pasir zirkon dari 40% ZrO₂ menjadi pasir zirkon kadar 65,5% ZrO₂ dan *micronized zircon* (juta rupiah)

No.	Modal tetap	Satuan/ buah	Investasi konsentrat zirkon (ZrO ₂ +HfO ₂) berkadar ZrO ₂ ≥ 65,5 % (juta Rp.)	Satuan/ buah	Investasi <i>micronized zircon</i> (Juta Rp.)
1	Perijinan, konsultan dan lain-lain.	1 paket	163	1 paket	2.173
Tahap Development					
2	Pembangunan pabrik/sewa kantor dan kawasan	1 paket	2.000	1 paket	10.000
3	Peralatan kantor, mebel dan lain-lain.	1 paket	500	1 paket	1.000
Peralatan Utama					
4	Meja goyang	6	300	-	-
5	<i>Rotary Dryer</i>	2	200	-	-
6	<i>Magnetic separator</i>	2	500	-	-
7	<i>High tension separator</i>	2	600	-	-
8	Tabung <i>ball mill</i> (tromol)	-	-	4	2.400
9	<i>Spray Dryer</i>	-	-	4	560
10	<i>Powder dryer</i>	-	-	2	1.000
Peralatan Pendukung					
12	Ayakan	2	76	4	200
13	Timbangan	1	30	2	60
14	Mesin kemas	1	180	1	180
15	<i>Forklift</i>	-	-	4	2.200
16	Truk	2	900	5	3.750
17	Kendaraan roda 4	2	500	6	1.500
18	Kendaraan roda 2	-	-	8	200
Jumlah			5.959		25.223

Sumber : PT. DLS diolah kembali

Perusahaan membeli bahan baku pasir zirkon berkadar 40% ZrO₂ dari perusahaan tambang seharga USD 900 per ton. Untuk menghasilkan 7.000 ton pasir zirkon kadar 65% ZrO₂ per tahun diperlukan bahan baku sebanyak 11.500 ton per tahun. Perincian biaya yang diperlukan dalam pengolahan tersebut dapat dilihat dalam Tabel 2.

Selain biaya bahan-bahan di atas, biaya langsung lainnya adalah tenaga kerja langsung (seperti : operator, supir, mekanik, serabutan) sebanyak 23 orang untuk pengolahan pasir zirkon menjadi konsentrat kadar $\geq 65,5\%$ ZrO₂, sedangkan jika menjadi *micronized zircon* dibutuhkan 90 orang. Rincian tenaga kerja langsung dan besarnya upah dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 2. Biaya bahan yang diperlukan untuk pengolahan pasir zirkon dalam satu tahun

Konsentrat zirkon berkadar ZrO ₂ $\geq 65,5\%$ (Rupiah)				
Jenis/komponen	Kebutuhan bahan	satuan	Harga (Rp.)	Jumlah (Rp.)
- Bahan baku pasir zirkon kadar 40% ZrO ₂	11.500	ton	5.880.000	41.160.000.000
- Bola penggerus	-	-	-	-
- Kemasan/kantong	100.600	Lembar	4.200	422.520.000
- Solar	1	Paket	paket	3.780.000.000
- Batubara	44.800	ton	6.700	300.160.000
- Listrik	1	paket	paket	180.000.000
- Air	7.500	m ³	32.000	240.000.000
- Telepon	1	paket	paket	144.000.000
Jumlah				46.226.680.000
<i>micronized zircon</i> (Rupiah)				
Jenis/komponen	Kebutuhan bahan	satuan	Harga (Rp.)	Jumlah (Rp.)
- Bahan baku pasir zirkon kadar 40% ZrO ₂	9.450	ton	5.880.000	55.566.000.000
- Bola penggerus	1.200	ton	15.600.000	18.720.000.000
- Kemasan/kantong	280.000	lembar	4.200	1.176.000.000
- Solar	1	paket		3.780.000.000
- Batubara	61.200	ton	6.700	410.040.000
- Listrik	1	paket		180.000.000
- Air	30.000	m ³	32.000	960.000.000
- Telepon	1	paket		144.000.000
Jumlah				80.936.040.000

Sumber :PT. DLS diolah kembali.

Tabel 3. Kebutuhan tenaga operator dan upah (juta Rp./tahun)

Tenaga kerja	Jumlah (orang)	Investasi konsentrat zirkon (ZrO ₂ +HfO ₂) berkadar ZrO ₂ $\geq 65,5\%$	Jumlah (orang)	<i>Micronized zircon</i>
Operator meja goyang	4	192	2	60
<i>Rotary Dryer</i>	2	96	10	318
Operator <i>magnetic separator</i>	2	96	8	384
Operator <i>high tension sparator</i>	2	96	6	288
Operator tabung <i>ball mill</i> (tromol)	-	-	8	384
Operator Alat Penyaring	-	-	8	384
Operator <i>powder dryer</i>	-	-	4	192
Operator ayakan	2	96	4	192
Operator timbangan	1	60	4	192
Operator mesin <i>packing</i>	1	60	6	288
Operator <i>forklift</i>	-	-	4	192
Driver truk	2	96	5	240
Mekanik, <i>maintenance</i> , teknisi	1	54	6	324
Satpam	6	252	15	630
Jumlah	23	1.098	90	4.068

Untuk tenaga kerja tak langsung (manajemen) yang diperlukan dalam kegiatan ini sebanyak 9 orang yang terdiri atas direktur utama, komisaris, *manager*, *supervisor*, kepala seksi, sekretaris, dan staf kantor. Jumlah tenaga kerja tidak langsung dan biaya yang dikeluarkan terlihat pada Tabel 4.

Jumlah keseluruhan modal yang dibutuhkan dalam 6 bulan pertama pengolahan pasir zirkon berkadar minimum 65,5% sebesar Rp.31,2 miliar. Sedangkan untuk pengolahan *micronized zircon* membutuhkan modal sebanyak Rp.90,57 miliar (lihat Tabel 5).

Perhitungan dalam analisis finansial juga mempertimbangkan biaya penyusutan (depresiasi). Pada analisis ini menggunakan metode *straight line* (Suparmoko, 1989) dengan umur pakai berbeda tergantung dari jenis/barang modal yang dimiliki, umurnya antara 5 dan 10 tahun sesuai dengan umur proyek. Besar nilai penyusutan tersebut dapat dilihat dalam Tabel 6 dan 7.

Berpatokan pada harga konsentrat zirkon ($ZrO_2 + HfO_2$) berkadar $ZrO_2 \geq 65,5\%$ sebesar USD 900 per ton dan *micronized zircon* kadar 65,5% USD1.800/ton, beberapa asumsi yang diperlukan dalam perhitungan ini antara lain:

- Produksi sebesar 7.000 ton per tahun

- Umur usaha pengolahan adalah 10 tahun.
- Depresiasi mesin, dan kendaraan adalah 5 (lima) tahun (*straight line depreciation*).
- Re-investasi peralatan dan sarana penunjang, pada tahun ke 5 (lima) dengan eskalasi nilai investasi sebesar 10%.
- Besar nilai sisa peralatan adalah 20%, sedangkan sarana lain adalah 0%.
- Tingkat bunga deposito bank (i^*) adalah 10% per tahun, bunga pinjaman adalah 12% per tahun.
- Kurs rupiah terhadap dolar Amerika ditetapkan sebesar Rp 13.300,-/USD (<http://www.bi.go.id/id/informasi-kurs>, 2016).
- Pada analisis sensitifitas diskenariokan harga jual produk turun sebesar 10% per tahun dan pada kondisi yang lain biaya produksi meningkat 10% per tahun.
- Modal kerja awal dikembalikan pada akhir umur proyek.
- Pembagian *dividen/equity* sebesar 20%.
- Hari kerja selama satu tahun adalah 300 hari

Pengeluaran perusahaan berupa pajak penghasilan yang besarnya ditetapkan 25% sesuai dengan UU No.36/2008 tentang Pajak Penghasilan (PPH) dan SE-66/PJ/2010 Tanggal 24 Mei 2010 Tentang Penegasan Atas Pelaksanaan Pasal 31E Ayat (1) UU Nomor 36 Tahun 2008 tentang PPh.

Tabel 4. Kebutuhan tenaga tetap (orang) dan upah (juta Rp.)

Jabatan	Jumlah (orang)	Investasi konsentrat zirkon ($ZrO_2 + HfO_2$) berkadar $ZrO_2 \geq 65,5\%$	Jumlah (orang)	<i>Micronized zircon</i>
Direktur Utama	1	300	1	300
Komisaris	1	180	1	180
<i>Manager</i>	1	180	3	540
Kepala seksi	2	204	6	612
Sekretaris	1	60	2	120
Staf	2	120	15	1.080
Supervisor	1	54	5	330
Jumlah	9	1.098	33	3.162

Tabel 5. Jumlah investasi usaha pengolahan pasir zirkon dari 40% ZrO₂ konsentrat zirkon (ZrO₂+HfO₂) berkadar ZrO₂ ≥ 65,5 % dan *micronized zircon* (juta Rp.)

No	Jenis pengeluaran	Investasi konsentrat zirkon(ZrO ₂ +HfO ₂) berkadar ZrO ₂ ≥ 65,5 %	<i>Micronized zircon</i>
1	Modal tetap	5.049,00	25.223,00
2	Biaya operasional per tahun		
	a. Biaya operasional (Manajemen dan Administrasi)	720,00	3.162,00
	b. Biaya tenaga kerja langsung	1.122,00	3.018,00
	Upah selama 3 bulan (a + b) : 4	461,00	1,545,00
	Jumlah (1 + 2)	5.510,00	26.768,00
3	Keperluan Modal lancar (3 bulan)	18.798,13	32.298,75
	Jumlah investasi (modal tetap+ modal lancar)	31.199,13	90.469,75

Tabel 6. Perkiraan besarnya nilai sisa, depresiasi/amortisasi, dan penggantian alat baru pengolahan pasir zirkon dari 40% menjadi konsentrat 65,5% ZrO₂ dan *micronized zircon*

Jenis modal tetap	Nilai (juta Rp.)	Umur teknik (tahun)	Prakiraan nilai sisa (juta Rp.)	Depresiasi/ amort/tahun (juta Rp.)
Perijinan, konsultan, dll.	163	10	-	16,30
Bangunan Pabrik/ Sewa Kantor dan Kawasan	2.000	10	-	200
Peralatan kantor, meubelair, dll.	500	10	-	50
Peralatan Utama				
Meja goyang (5 unit)	300	5	60	60
Rotary Dryer (2 unit)	200	5	40	40
Pemisah magnetik (2 unit)	500	5	100	100
High tension sparator (2 unit)	600	5	120	120
Peralatan Pendukung				
Ayakan (2 unit)	76	5	15,2	15,20
Timbangan (2 unit)	30	5	6	6
Mesin kemasan (1 unit)	180	5	36	36
Truk (2 unit)	500	5	100	100
Jumlah Peralatan Utama dan Pendukung	5.049		477,20	743,50

Catatan :

Nilai sisa tahun ke-6 Rp.477.200.000,-

Nilai sisa tahun ke-10 Rp 477.200.000,- + (10% x 477.200.000,-) = Rp 524.920.000,-

Depresiasi/penyusutan tahunan Rp. 493.500.000,-

Pembelian alat baru tahun ke-6 Rp. 2.386.000.000,- + (10% x . 2.386.000.000,-) = Rp 2.624.600.000,-

Tabel 7. Perkiraan besarnya nilai sisa, depresiasi/amortisasi dan penggantian alat baru pengolahan pasir zirkon dari 40% menjadi *micronized zircon*

Jenis modal tetap	Nilai (juta Rp.)	Umur teknik (tahun)	Prakiraan nilai sisa (juta Rp.)	Depresiasi/ amort/tahun (juta Rp.)
Perijinan, konsultan dan lain-lain.	2.173	10	-	217,3
Pabrik, kantor dan kawasan	10.000	10	-	1.000
Peralatan kantor, meubelair dan lain-lain.	1.000	10	200	100
Peralatan Utama				
Tabung ball mill/Tromol (3 unit)	2.400	5	480	480
Filter press (4 unit)	560	5	112	112
Alat Penyaring (2 unit)	1.000	5	200	200

Jenis modal tetap	Nilai (juta Rp.)	Umur teknik (tahun)	Prakiraan nilai sisa (juta Rp.)	Depresiasi/ amort/tahun (juta Rp.)
Peralatan Pendukung				
Ayakan (4 unit)	200	5	40	40
Timbangan (2 unit)	60	5	12	12
Mesin <i>packing</i> (1 unit)	180	5	36	36
<i>Forklift</i> (4 unit)	2.200	5	440	440
Truk (5 unit)	3.750	5	750	750
Kendaraan roda 4 (3 unit)	1.500	5	300	300
Kendaraan roda 2 (4 unit)	200	5	40	40
Jumlah peralatan utama dan pendukung	25.223		2.610	3.727,3

Catatan :

Nilai sisa tahun ke-6 Rp.1.230.000.000,-

Nilai sisa tahun ke 10 Rp 1.320.000.000,- + (10% x 1.320.000.000,-) = Rp 1.452.000.000,-

Depresiasi/penyusutan tahunan Rp. 3.727.300.000,-

Pembelian alat baru tahun ke-5 Rp. 6.600.000.000,- + (10% x 6.600.000.000,-) = Rp 7.260.000.000,-

Perkiraan penerimaan perusahaan dari kegiatan usaha ini berdasarkan kapasitas produksi tersebut di atas mulai dari tahun ke-1 sampai dengan ke-10 dapat dilihat pada Tabel 8.

Berdasarkan data dan ketentuan tersebut di atas, maka aliran kas dan nilai indikator keuntungan usaha pengolahan *micronized zircon* dapat dilihat dalam Tabel 9.

Dengan menggunakan modal sendiri 40% dan pinjaman bank 60%, peluang usaha pada pengolahan pasir zirkon berkadar minimum 65,5% akan mendapatkan NPV sebesar Rp.26.201.238.737.72, indeks profitabilitas sebesar 1,21, IRR (*interal rate of return*) sebesar 29,35% per tahun, serta pengembalian modal pada 3 tahun 5 bulan. Sedangkan usaha pengolahan *micronized*

zircon, ternyata mendapatkan *net present value* (NPV) sebesar Rp.94.154.606.887.07, indeks profitabilitas sebesar 1,38 dan indikator tingkat efisiensi (IRR) sebesar 37,31% per tahun. Modal yang ditanamkan tersebut diperkirakan akan kembali setelah usaha ini beroperasi dalam jangka waktu 2 tahun 9 bulan. Usaha pengolahan pasir zirkon dengan masing-masing produk tersebut layak untuk diusahakan.

Apabila terjadi perubahan harga jual turun hingga 10% (faktor diskonto), pada usaha pengolahan pasir zirkon 65% menjadi *micronize*, maka usaha ini masih bisa memberikan keuntungan bagi investor, demikian pula apabila terjadi kenaikan pada komponen biaya operasional sebesar 10% (Tabel 10).

Tabel 8. Perkiraan penerimaan perusahaan pengolahan pasir zirkon dari 40% ZrO₂ menjadi konsentrat zirkon (ZrO₂ + HfO₂) berkadar ZrO₂ ≥ 65,5% dan *micronized zircon* (juta rupiah)

Simulasi penerimaan	konsentrat zirkon (ZrO ₂ + HfO ₂) berkadar ZrO ₂ ≥ 65,5% 1)	Micronized zircon 2)
Perkiraan nilai penjualan setiap tahun (produksi 7000 ton)	93.100,00	186.200,00
Prakiraan biaya produksi tiap tahun	77.035,50	135.375,00
Akumulasi nilai sisa tahun ke-6	477,20	1.230,00
Akumulasi nilai sisa tahun ke-10	524,92	1.452,00
Akumulasi pengembalian modal kerja akhir tahun ke-10	19.258,63	33.843,75

Keterangan :

7.000 ton x Rp.13.300.000 (US\$1.000/ton)

7.000 ton x Rp.26.600.000 (US\$2.000/ton)

Tabel 9. Nilai manfaat usaha pengolahan pasir zirkon dari 40% ZrO₂ menjadi pasir zirkon berkadar minimum 65,5% ZrO₂ dan *micronized zircon*

Jenis kegiatan	konsentrat zirkon (ZrO ₂ +HfO ₂) berkadar ZrO ₂ ≥ 65,5%	<i>Micronized zircon</i>
Kapasitas produksi (ton/tahun)	7.000	
Harga (Rp/ton)	13.300.000	26.600.000
Masa operasional (tahun)	10	10
Prakiraan investasi (Rp.)	24.307.625.000	59.066.750.000
Permodalan	40% Milik sendiri + 60% Pinjaman Bank	
Indikator ekonomi		
Net Present Value (DF = 10%) (Rp)	26.201.238.737.72	94.154.606.887.07
Profitability Index(discount faktor = 10%) (Rp)	1,21	1,38
Internal Rate of Return (%)	29,35%	37,31%

Tabel 10. Kemungkinan terjadi penurunan harga dan biaya operasional naik 10%

Perhitungan	Jika harga jual turun 10 % ¹⁾	Jika biaya operasional naik 10% ²⁾
Net Present Value	Rp. 8.345.727.255.91	Rp. 31.76.8048.991.97
Indek probabilitas	1,23	1,25
Internal Rate Of Return	12,63 %	19,69 %
Periode pengembalian	6 tahun 4 bulan	5 tahun 1 bulan

Manfaat Investasi

Manfaat terhadap kesempatan bekerja

Investasi merupakan salah satu kunci pertumbuhan ekonomi suatu wilayah, seperti halnya investasi usaha pengolahan *micronized zircon* baik di sekitar maupun luar lokasi tambang ternyata mampu membuka lapangan kerja baru. Pabrik pengolahan konsentrat zirkon berkadar ZrO₂ ≥ 65,5% mampu menyerap tenaga kerja sebanyak 32 orang dengan nilai upah/pendapatan sebesar Rp.1.629.696.000,-, sedangkan pabrik pengolahan *micronized zircon* mampu menciptakan lapangan kerja sebanyak 123 orang dengan total penerimaan gaji/upah sebesar Rp.6.483.364.000,- per tahun.

Manfaat bagi investor

Manfaat yang akan diperoleh investor dari keberadaan usaha ini adalah diperolehnya surplus usaha berikut penerimaan bunga bank dari surplus usaha yang disimpannya. Investasi pengolahan konsentrat zirkon (berkadar ZrO₂ ≥ 65,5% sebesar Rp.24.307.625.000,- yang ditanamkan ternyata akan memberikan keuntungan bersih bagi pengusaha sebesar Rp.3.990.620.800,-. Investasi yang diperlukan untuk mengolah *micronized zircon* adalah

Rp.59.066.750.000,-, dengan keuntungan bersih yang didapatkan oleh pengusaha mencapai Rp.6.515.440.000,-.

Manfaat bagi pemerintah

Sedangkan manfaat fiskal yang akan diterima pemerintah dengan adanya investasi ini adalah penerimaan dari berbagai jenis pajak, yang terdiri atas pajak penghasilan tenaga kerja (Pph) sebesar 15% dan pajak penghasilan (PPh) badan sebesar 25%. Pajak yang didapat pemerintah dari hasil produksi pengolahan *konsentrat zirkon* (berkadar ZrO₂ ≥ 65,5% sebesar Rp.1.700.453.000. Namun apabila pengolahan *micronized zircon* yang didirikan, maka pemerintah akan mendapatkan pajak sebesar Rp.4.203.300.000,-.

Manfaat terhadap PDB

Produk domestik bruto (PDB) atau disebut juga sebagai nilai tambah suatu kegiatan produksi/jasa meliputi upah dan gaji, laba, bunga uang yang dibayarkan (berupa bagian dari biaya), pajak, serta sumbangan untuk pemberdayaan/pengembangan masyarakat lokal (daerah). Berdasarkan hasil analisis manfaat yang telah di uraikan di atas, maka dapat diketahui besarnya PDB/nilai tambah yang diperoleh dari kegiatan usaha pengo-

lahan konsentrat zirkon ($ZrO_2 + HfO_2$) berkadar $ZrO_2 \geq 65,5\%$ atau *micronized zircon* meliputi upah dan gaji tenaga kerja, surplus usaha dan pajak.

Beroperasinya satu perusahaan pengolahan konsentrat zirkon ($ZrO_2 + HfO_2$) berkadar $ZrO_2 \geq 65,5\%$ diperkirakan akan memberikan kontribusi terhadap produk domestik bruto (PDB) sebesar Rp.8.311.000.000,-. Namun apabila pengolahan *micronized zircon* yang didirikan, maka kontribusi yang terserap sebesar Rp.21.001.592.000,-.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan potensi sumber daya pasir zirkon, hasil perhitungan finansial terhadap usaha pengolahan pasir zirkon dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pengolahan dan penjualan dalam bentuk *micronized zircon* akan lebih menguntungkan dua kali lipat dibandingkan dengan hanya mengolah dan menjualnya dalam bentuk konsentrat zirkon (berkadar $ZrO_2 \geq 65,5\%$).
2. Hilirisasi pengolahan pasir zirkon menjadi *micronized zircon* mampu menyerap tenaga kerja lebih banyak, pendapatan negara, nilai tambah dan keuntungan perusahaan lebih besar dibandingkan dengan hanya mengolah dalam bentuk konsentrat zirkon (berkadar $ZrO_2 \geq 65,5\%$).

Saran

1. Jika industri berkembang dan kebutuhan pasir zirkon semakin banyak, maka ke depan harus ada pembatasan ekspor pasir zirkon berkadar (ZrO_2) $\geq 65,5\%$ dalam rangka menjamin kebutuhan bahan baku dalam negeri.
2. Pembatasan ekspor tersebut dimaksudkan untuk mendorong tumbuhnya hilirisasi industri pengolahan pasir zirkon menjadi *micronized zircon* dalam rangka memenuhi permintaan *micronized zircon* oleh industri keramik, bata tahan api dan pasir cetak di dalam negeri.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada Para penulis dalam daftar pustaka, media elektronik dan para editor yang telah memberikan data, informasi dan inspirasi sehingga terwujudnya makalah ini. Penulis berharap semoga makalah ini dapat memberikan manfaat khususnya bagi penulis, para peneliti dan pemerhati pasir zirkon.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS, 2012. *Produk domestik regional bruto propinsi-propinsi di Indonesia*, hal.: xix-xxiv, 161 hal., Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Casasola, R., J.Ma. Rincón, M. Romero, 2012. 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.
- Gaspersz, V., 1992. *Analisis sistem terapan berdasarkan pendekatan teknik industri*, Penerbit Tarsito, Bandung, hal 104-175.
- Hidayat, M., 2012. *Menggunakan Microsoft Excel untuk menghitung kelayakan keuangan dalam suatu studi kelayakan bisnis*, Program Studi Akuntansi Politeknik PalComTech, Palembang 13 hal.
- <http://www.bi.go.id/id/informasi-kurs>, 2015 dan 2016. Informasi Kurs, Kurs Transaksi Bank Indonesia Mata Uang USD tahun 2013-2014, 08 Juni 2015, Jam 10:20.
- Poernomo, H., 2012. *Informasi umum zirkonium*, Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan, Badan Tenaga Nuklir Nasional, hal. 12-19, Yogyakarta.
- Rachmawan, R., 2011. Kajian ekonomi batubara dalam kaitannya dengan cadangan batubara (Studi kasus : Tambang mereh, PT. Arutmin), *Prosiding Profesi Tahunan XX PERHAPI Lombok*, ISBN:978-979-8826-20-7, Nusa Tenggara Barat, 10-11 Oktober 2011, 726 hal., hal. 262-271, Lombok.

- Silva, M.G., Lira, T.S., Arruda, E.B.; Murata, V.V. dan Barrozo, M.A.S., 2012. Modelling of fertilizer drying in a rotary dryer: parametric sensitivity analysis, *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, On-line version ISSN 0104-6632, Braz. J. Chem. Eng. vol.29 no.2 São Paulo Apr./June 2012, <http://dx.doi.org/10.1590/S0104>, Process Systems Engineering.
- Subekti, R.A., Susatyo, A. dan Sudibyo, H., 2013. Studi teknik dan ekonomi pengembangan potensi energi angin di wilayah Jawa Barat, Mekatronik, dan Teknik Kendaraan Komplek LIPI Bandung, *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Energi*, 18 September 2013, Hal. 121-126, ISBN 879-602-17952-0-0, Bandung.
- Sudiyanto, A., Widodo, P., Cahyadi, T.A., dan Pratiwi, 2011. Analisis kelayakan ekonomi rencana penambangan bijih mangan Karangsari Kabupaten Kulonprogo-DIY, *Prosiding Profesi Tahunan XX PERHAPI Lombok*, ISBN:978-979-8826-20-7, Nusa Tenggara Barat, 10-11 Oktober 2011, 726 hal., hal. 289-301, Lombok.
- Sugiharto, T., 2002. Studi kelayakan proyek pengembangan perkebunan pisang abaca dengan menggunakan analisis penganggaran modal, *Jurnal Ekonomi Dan Bisnis*, Jilid 7, No 3; hal : 145-150.
- Suparmoko, M., 1989. *Ekonomi sumberdaya alam dan lingkungan*, Pusat Antar Universitas-Studi Ekonomi Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 71 hal.
- Supriyono, Yusuf, R., Amiruddin, D., Purnawan, W. dan Setiawan, W.A., 2006. Penelitian dan pemisahan ekstraksi zirkon-hafnium dari tailing timah Bangka, *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, No. 36 Tahun 14, Januari 2006, ISSN 0854-7890, hal. 18-26, Bandung.
- Suseno, T., Suciyaniti, M. dan Suherman, I., 2015. Analisis prospek pemanfaatan zirkon dalam industri keramik, frit, bata tahan api dan pengecoran logam, *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, Volume 11, No. 2, Mei 2015, Hal. 93-106.
- Suseno, T., 2015. Analisis prospek pasir zirkon Indonesia di pasar dunia, *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, Volume 11, No. 1, Januari 2015, Hal. 61-77.
- www.esdm.go.id/...peraturan-menteri, 2016. Permen ESDM No.8 Tahun 2015 Tentang Peningkatan Nilai Tambah Mineral Melalui Pengolahan dan Pemurnian Mineral, Minggu, 28 Februari 2016, jam 11:31.
- Yazid, M., 2013. Dian Lestari bakal impor zirkonium silikat, <http://industri.kontan.co.id/news/>, jam 08.00, 13 April 2013.