

**ANALISIS INVESTASI DAN KELAYAKAN EKONOMI METODE OFFSHORE
BOREHOLE MINING (BHM) LAUT XXX**

¹⁾Edo Syawaludin, ^{2)*}Satrio Agung Nugroho, ³⁾Muhamad Nasir Lukman dan ⁴⁾Wahyu Vian Pratama

¹⁾Unit Produksi Kunder, PT. Timah Tbk ,

²⁾Departemen IGP, PT. Vale Indonesia Tbk,

³⁾Departemen Perencanaan, PT. Tanjung Alam Jaya (PT Timah Investasi Mineral),

⁴⁾Divisi Eksplorasi, PT. Timah Tbk

*E-mail: satrio.agung@pttimah.co.id

ABSTRAK

Timah adalah salah satu logam yang masih dibutuhkan oleh industri manufaktur. Dengan total cadangan sebesar 377.584 ton (PT. Timah Tbk 2017) setara dengan 60% dari total cadangan Asia Tenggara. Tetapi penambangan mineral kasiterit, pembawa logam timah, di darat dengan metode tambang terbuka semakin sulit dilakukan karena lahan yang semakin sempit dan semakin marak aktifitas penambangan illegal. Oleh karena itu, penambangan di lepas pantai dengan metode baru menjadi opsi yang lebih baik. Metode tersebut adalah *Borehole Mining* yang akan menggantikan penambangan timah dengan Kapal Isap Produksi (KIP) dan Kapal Keruk (KK). Penelitian ini merupakan kajian awal metode *Borehole Mining* lepas pantai dengan melihat dari sisi faktor ekonomi. Pada analisis ekonomi, variabel yang digunakan adalah kadar minimal mineral kasiterit yang di tambang (0,5 kg/m³, 0,7 kg/m³, 0,9 kg/m³, dan 1,1 kg/m³) dan skema kepemilikan kapal BHM (membangun atau sewa). Pada analisis dari faktor ekonomi memperlihatkan bahwa skema sewa secara umum mempunyai nilai *net present value* (NPV) yang lebih besar dibandingkan dengan skema membangun kapal BHM sendiri. Skema yang terbaik dengan sistem sewa terdapat pada kadar sebesar 0,9 kg/m³ menghasilkan NPV Rp. 557.648.871 dengan operasi selama 3 tahun, *payback period* sekitar 0,9 tahun, dan *interest rate of return* (IRR) sebesar 43%.

Kata kunci: timah, *borehole mining*, ekonomi, *net present value*, *interest rate of return*, *payback period*

ABSTRACT

Tin is a metal that is still needed by the manufacturing industry. With total reserves of 377,584 tonnes (Reserves of PT. Timah Tbk, 2017) equivalent to 60% of the total reserves of Southeast Asia. However, cassiterite mineral mining, containing tin, onshore using open mining (hydraulic mining) method is increasingly difficult to do because the land is narrower and illegal mining activities are increasingly rampant. Therefore, offshore mining using the new method may be a better option. The method is Borehole Mining which will replace tin mining method with Cutter Suction Dredge (CSD) and Bucket Wheel Dredge (BWD). This research is an initial study of the offshore Borehole Mining (BHM) method by looking at economic factors. In the economic analysis, the variables are minimum grade/tdh (0.5 kg/m³, 0.7 kg/m³, and 1.1 kg/m³) and BHM ownership scheme (build or rental). Analysis of economic factor shows that rental scheme in general has higher net present value (NPV) than build BHM scheme. The best scheme with rental is at grade/tdh 0.9 kg/m³ resulting NPV of Rp. 557,648,871 with operation for 3 years, payback period of about 0.9 year, and interest rate of return (IRR) of 43%.

Keywords: tin, *borehole mining*, economic, *net present value*, *interest rate of return*, *payback period*

A. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu produsen timah terbesar di dunia. Hal ini dibuktikan oleh PT. ABC yang menempati posisi pertama sebagai produsen logam timah (*International Tin Association*, 2020). Deposit timah banyak ditemukan di Indonesia karena keberadaan Sabuk Timah Asia Tenggara (*South East Asia Tin Belt*) yang terbentang dari Kepulauan Karimun, Kundur, Singkep, Bangka, dan Belitung.

Secara umum, jenis deposit timah yang berada di Indonesia baik yang berada di darat maupun di laut adalah deposit timah alluvial atau deposit sekunder. Tipe deposit timah ini ditambang dengan metode tambang terbuka (*hydraulic mining*). Metode ini akan mengupas lapisan tanah penutup (*overburden*) dengan *excavator* dan *bulldozer*. Lapisan bijih (*ore*) ditambang dengan cara menyemprotkan air bertekanan tinggi dari *monitor*, material yang telah disemprot akan berbentuk *slurry*. *Slurry* akan dihisap oleh pompa untuk ditransportasikan menuju alat pencucian timah. Untuk penambangan timah di laut menggunakan Kapal Keruk (*Bucket Wheel Dredger*) dan Kapal Isap Produksi (*Cutter Suction Dredger*).

Tetapi penambangan timah di laut Kepulauan Bangka dan Belitung semakin sulit dilakukan. Hal ini disebabkan oleh faktor teknis, faktor sosial, dan lain-lain. Faktor teknis berhubungan dengan deposit timah yang besar semakin sulit ditemukan, sehingga penambangan dengan Kapal Keruk menjadi tidak ekonomis. Selain itu, lapisan penutup (*overburden*) yang berupa lapisan lempung liat yang sangat tebal sangat menyulitkan untuk beroperasinya Kapal Isap Produksi. Faktor sosial adalah adanya “pergesekan” dengan nelayan lokal, dan peraturan-peraturan yang terkait. Salah satu metode yang dapat mengakomodir masalah-masalah tersebut adalah metode *borehole mining* (BHM) laut.

Borehole mining adalah salah satu metode penambangan bawah tanah. Metode serupa juga sudah dilakukan uji coba untuk penambangan timah di darat (Lubis et al, 2014). Tekanan air yang tinggi akan mengerosi lapisan bijih, kemudian lapisan bijih dan air akan membentuk *slurry*. *Slurry* tersebut akan dihisap kembali menuju pipa bor untuk ditransportasikan ke pusat pencucian di kapal *borehole mining*. Metode ini mempersingkat waktu dan biaya dari proses pengupasan (*stripping*) apisan penutup, penggalian bijih, dan transportasi material (Beck, 2016).

Metode *borehole mining* laut ini mempunyai beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan penambangan laut konvensional dengan KK atau KIP, yaitu

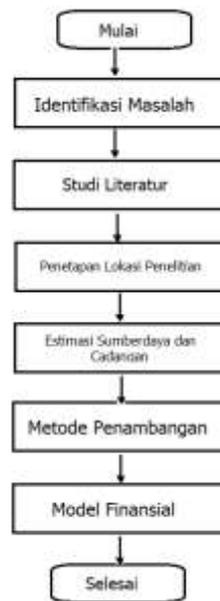
1. Tidak dibutuhkan proses pengupasan tanah penutup (*overburden*)
2. Tingkat keamanan yang lebih baik (kejadian *bucket* dan *cutter* yang tertimbun material tanah penutup ketika proses pengupasan)
3. Proses penggalian lapisan bijih yang lebih optimal
4. Dampak terhadap lingkungan laut yang minimal

Berdasarkan kelebihan tersebut dan melanjutkan penelitian terdahulu (Lubis et al, 2014), penelitian ini akan mengkaji metode *borehole mining* lepas pantai dengan melihat dari sisi faktor ekonomi. Simulasi perencanaan tambang didasarkan pada salah satu blok IUP milik PT. ABC di Laut XXX, Bangka Barat. Pada analisis ekonomi akan diteliti dua buah variabel, yaitu kadar minimal dan skema kepemilikan kapal. Variabel yang pertama adalah kadar minimal mineral kasiterit yang ditambang ($0,5 \text{ kg/m}^3$, $0,7 \text{ kg/m}^3$, $0,9 \text{ kg/m}^3$, dan $1,1 \text{ kg/m}^3$). Variabel yang kedua adalah skema kepemilikan kapal BHM (membangun atau sewa). Dari analisis ekonomi akan memperoleh nilai NPV, *payback period*, dan IRR dari masing-masing variabel.

B. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Objek penelitian adalah laut XXX yang menjadi salah satu daerah IUP PT. ABC. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang meliputi identifikasi masalah, studi literatur, penetapan lokasi penelitian, estimasi sumberdaya, estimasi cadangan, metode penambangan, dan model finansial.

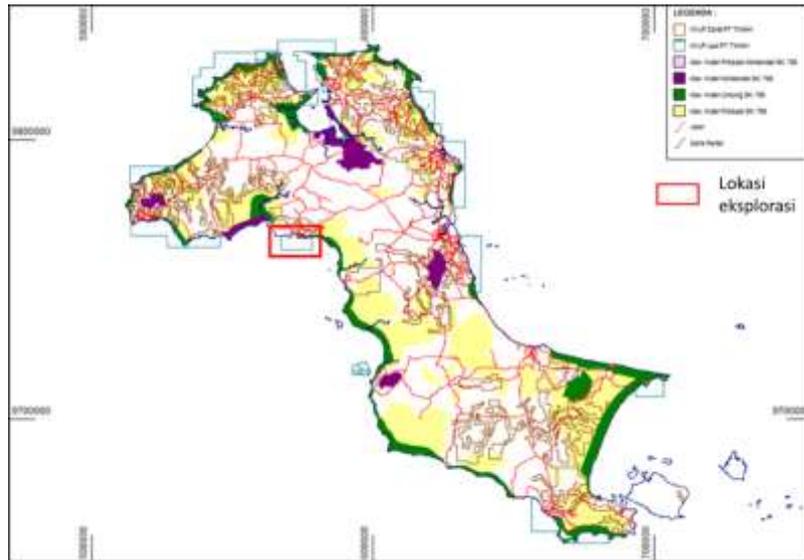


Geologi Lokal

Laut XXX adalah salah satu IUP yang dimiliki oleh PT. ABC dengan tipe endapan timah *placer*. Pencapaian daerah Laut XXX dapat ditempuh menggunakan jalur darat dari kota Pangkalpinang dengan waktu tempuh ± 2 jam dan jarak dari dermaga terdekat sejauh 2,5 km dengan menggunakan transportasi laut. Lokasi juga berjarak sekitar 8 km dari lokasi tambang primer TB-21 dan TB-22. Mineralisasi primer pada daerah tersebut diduga merupakan salah satu sumber utama dari endapan timah *placer* dibagian seletannya dan sudah ditambang oleh masyarakat sekitar, dan menerus hingga ke perairan XXX yang pada beberapa tempat sudah ditambang oleh PT. ABC menggunakan Kapal Keruk dan Kapal Isap Produksi.

Lokasi berada di perairan dangkal dengan kondisi batimetri berada pada kedalaman rata-rata -5 meter dengan kemiringan yang landai ke arah selatan dan kondisi permukaan yang relatif halus, kecuali pada bagian yang sudah terganggu oleh aktifitas penambangan.

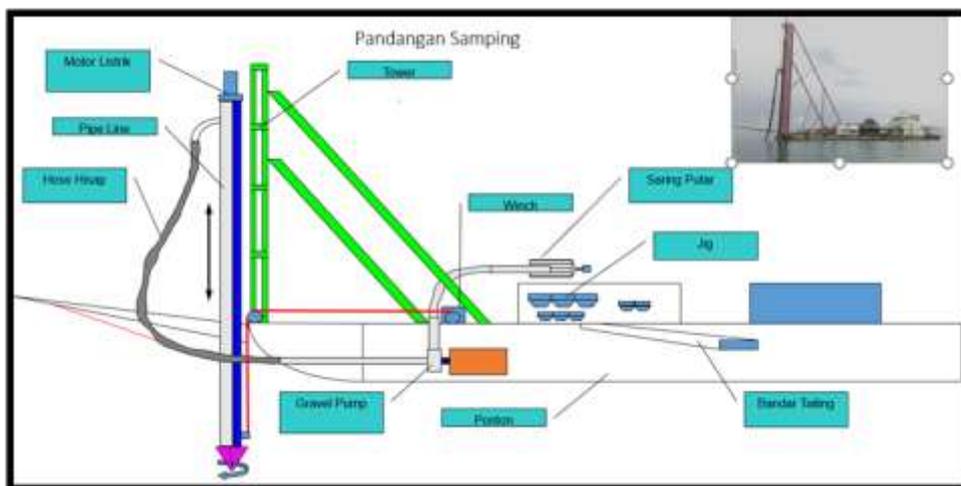
Gambaran karakteristik dan persebaran endapan kuarter pada lokasi didapatkan dari data pengeboran blok tambang yang sudah di produksi. Secara umum daerah eksplorasi terdiri atas batuan dasar perulangan batu pasir dan batu lempung dari Formasi Tanjunggenting yang ditimpa secara tidak selaras oleh sukseksi endapan kuarter yang dapat dibagi menjadi dua satuan, yaitu satuan perulangan pasir menghalus keatas dan lempung dengan sisipan pasir lempungan.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Desain Kapal BHM Laut

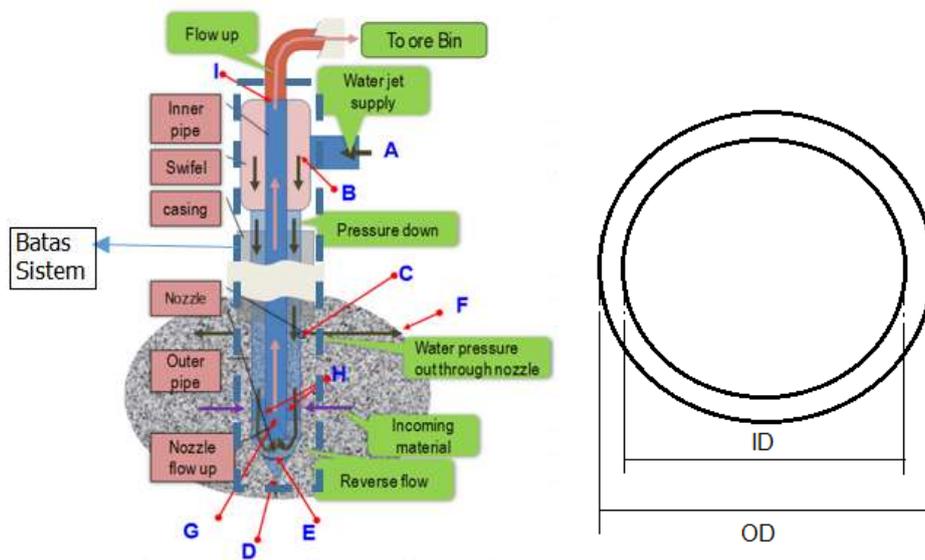
Kapal BHM laut didasarkan pada desain *Hydarulic Borehole Mining* darat dengan metode kerja yang sama. Mineral target didapatkan melalui satu lubang yang dibor dari permukaan. Aliran air yang berasal dari pompa air akan keluar dari *nozzle* di ujung pipa bor, dan mengikis bijih untuk membentuk *slurry* yang kemudian dipompa ke kapal menuju pusat pengolahan mineral. Pipa bor yang digunakan mempunyai 2 buah lapisan, yaitu lapisan luar (*outer pipe*) berfungsi mengalirkan air dari permukaan menuju *nozzle* dan lapisan dalam (*inner pipe*) untuk mengalirkan *slurry* dari bawah tanah menuju permukaan untuk dilakukan proses pengolahan dengan dibantu oleh pompa tanah. Sisa hasil pengolahan dapat dipompakan kembali untuk mencegah adanya *subsidence*.



Gambar 2. Sketsa Kapal *Borehole Mining*

Tabel 1. Data Spesifikasi Kapal *Borehole Mining*

Spesifikasi Kapal			
No.	Nama Alat	Nilai	Satuan
1	Pipa Bor Utama	16	inci
2	Pipa Pompa Tanah	12	inci
3	Pipa Air	4	inci
4	Panjang Pipa Bor Utama	45	meter
5	Maksimal Gali	41	meter
6	Radius Isapan Tanah	1.5	meter
7	Daya Hisap Pompa	24	meter



Gambar 3. Sistem Aliran Fluida pada Pipa dan Penampang Melintang Pipa Kapal *Borehole Mining*

Spesifikasi teknis dari pompa air dan pompa tanah yang digunakan dalam kapal BHM dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Teknis Pompa Air dan Pompa Tanah

No.	Parameter	Titik	Nilai	Satuan
Pompa Air				
1	Kapasitas Pompa Air	A	1280	m ³ /jam
2	Power Pompa Air	A		J/s
3	Speed		1350	rpm
4	Diameter Inner Pipe	E, H, dan I	0.3048	m
5	Diameter Outer Pipe	B	0.4064	m
6	Diameter Nozzle Ore	C	0.01	m
7	Diameter Nozzle Material	D	0.0254	m
8	Diameter Swifel/Rubber Pipe	A	0.254	m
9	Diameter pipa rubber		0.2032	m
10	Daya Dorong		100	m
11	Panjang Rubber Pipe Ke Swifel		10	m

Pompa Tanah				
1	Kapasitas Pompa Tanah	l	1600	m ³ /jam
2	Power Pompa Tanah	l		J/s
3	Efisiensi Pompa		68	%
4	Perbandingan Solid dengan Air		1/8 sd 1/10	
5	Daya Hisap		24	m

Perhitungan mekanika fluida air pada BHM laut dilakukan pada berbagai tahap, yaitu

1. Bagian selang dari pompa air menuju *swifel*. Air laut akan dihisap oleh pompa air sebagai elemen utama untuk penambangan. Air akan didorong oleh pompa air melalui pipa berbahan karet menuju *swivel*. Pipa karet mempunyai retensi tertentu yang menyebabkan penurunan tekanan (*head loss*). Nilai kecepatan dan debit aliran air dapat dihitung dengan Persamaan 1 (Moran, 2010) aliran fluida tunak (*steady flow*) sebagai berikut:

$$\left(\frac{p_1}{\rho g} + \alpha \frac{V_1^2}{2g} + z_1 \right) = \left(\frac{p_2}{\rho g} + \alpha \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \right) + h_f \quad (1)$$

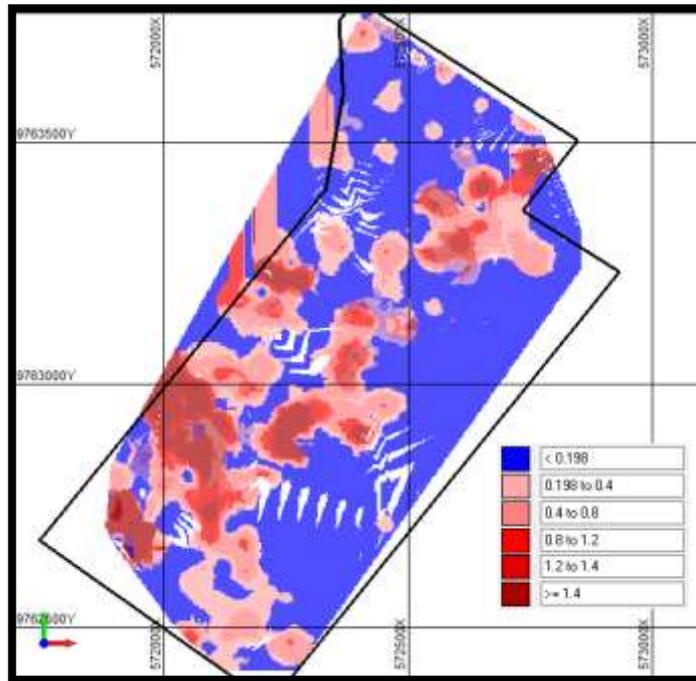
2. *Swifel* menuju bagian annulus pipa (diameter luar pipa). Air yang mengalir dari *swifel* akan mengalir menuju pipa bor yang memiliki dua lapisan, yaitu diameter luar yang berfungsi sebagai media transportasi air dari *swifel* menuju *nozzle*, dan diameter dalam untuk transportasi material *slurry* hasil penambangan.
3. *Noozle* di ujung pipa akan menyempotkan air menuju material. Hasil material bijih/kaksa yang tererosi oleh semprotan air disebut sebagai *slurry*. Nilai jarak tembak air (*stand off distance*) dirumuskan pada Persamaan 2 (Moran, 2010), sebagai berikut:

$$\text{Impact Pressure (bar)} = 389e^{-0.0165D} \quad (2)$$

Impact pressure adalah nilai tekanan yang dihasilkan oleh *nozzle* yang menyempotkan air menuju material bijih. D adalah jarak tembak air yang ditimbulkan oleh *nozzle* (cm). Nilai jarak tembak air ini yang menjadi panduan dalam metode penambangan BHM laut. Dari hasil perhitungan Persamaan 1 nilai D adalah 1.5 m untuk satu *nozzle*.

Estimasi Sumberdaya

Laut XXX adalah salah satu IUP yang dimiliki oleh PT. ABC dengan tipe endapan timah *placer*. Lokasi berada di perairan dangkal dengan kondisi batimetri berada pada kedalaman rata-rata -5 meter dengan kemiringan yang landai ke arah selatan dan kondisi permukaan yang relatif halus, kecuali pada bagian yang sudah terganggu oleh aktifitas penambangan.



Gambar 4. Blok Model Laut XXX

Pemodelan geologi secara 3D dilakukan dengan perangkat lunak Micromine berdasarkan data pemboran yang selanjutnya dilakukan estimasi kadar dengan metode *Inverse Distance Weight* (IDW). Ukuran *cell* dari model 3D yang digunakan adalah 3 m x 3 m x 1 m. Untuk estimasi dengan metode OK, maka dilakukan analisis variogram omnidirectional 3D untuk mendapatkan parameter geostatistik seperti *nugget*, *variance*, *sill*, and *range* dengan fitting model *spherical*. Berdasarkan estimasi dengan metode IDW didapatkan sumberdaya terukur timah alluvial yang dapat dilihat pada Tabel 3. kg/m³

Tabel 3. Sumberdaya Lautan XXX

	CUM_VOL (m ³)	GRADE (kg/m ³)	CUM_METAL (kg)
TERUKUR	908,946	1.05	953,957
TERKIRA	511,668	0.89	455,635
TEREKA	-	-	-

Hasil pemodelan dengan perangkat lunak Micromine didapatkan nilai volume sumberdaya terukur untuk *ore* sebesar 908.946 m³ dengan kadar sebesar 1.05 kg/m³, sumberdaya terkira untuk volume *ore* sebesar 511.668 m³ dengan kadar sebesar 0.89 kg/m³ dengan *cut off grade* geologi sebesar 0.198 kg/m³. Perubahan dari sumberdaya menjadi cadangan dipengaruhi oleh 10 faktor pengubah. Pada penelitian ini, metode *borehole mining* masih dalam tahap pengembangan dan diasumsikan cukup terbukti dalam penambangan laut. Untuk cadangan terbukti, volume *ore* sebesar 681.715 m³ dengan kadar rata-rata sebesar 0,73 kg/m³.

Metode Penambangan

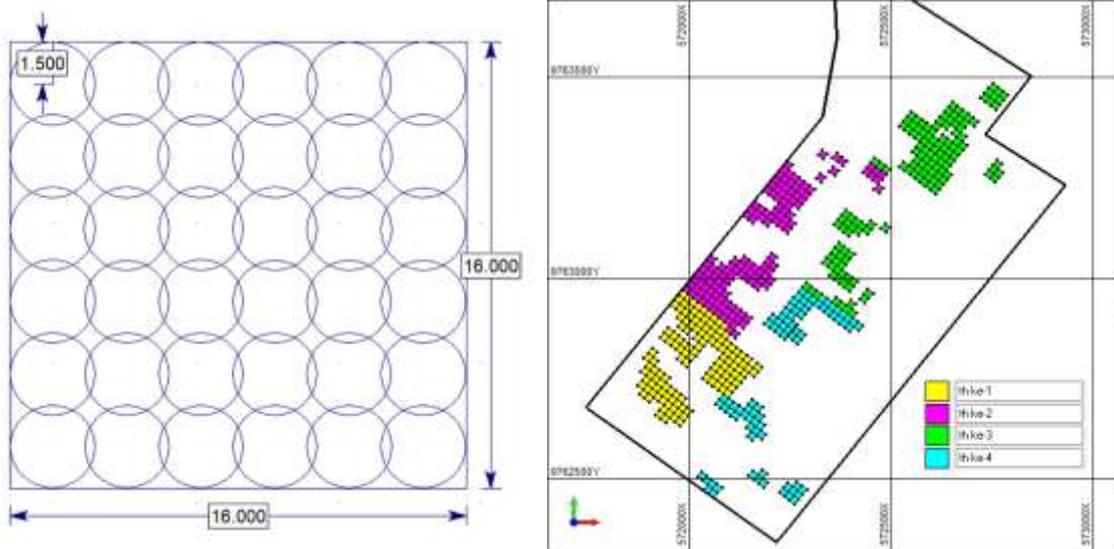
Kapal Keruk dan Kapal Isap Produksi adalah alat yang digunakan untuk penambangan lepas pantai (*offshore*) di perairan Bangka. Kapal Keruk adalah kapal yang memiliki rangkaian alat yang berfungsi untuk melakukan penggalian mineral dibawah air seperti *bucket*, *ladder*, maupun alat-alat penunjang kegiatan penggalian. Mekanisme penggalian bijih timah yang dilakukan Kapal Keruk menggunakan *bucket* sebagai alat untuk menggali material, *bucket* akan bergerak menuju ke atas kapal karena menempel pada *ladder* yang bergerak memutar. Kapal Isap Produksi digunakan untuk menambang daerah sisa Kapal Keruk dan daerah *spotted*. Karena ukuran yang lebih kecil dan mobilitas yang lebih tinggi, alat ini cocok untuk deposit timah yang *spotted*, tidak terlalu luas, dan kedalaman yang cukup dalam. Karena semakin sedikitnya deposit timah yang luas dan tipe material lapisan penutup adalah lempung liat, proses penambangan tidak efektif dan efisien. Sehingga dibutuhkan alat baru/metode penambangan yang baru, salah satunya adalah *offshore borehole mining*.

Metode *borehole mining* untuk satu lubang dimulai dengan proses penjangkaran, *set up bore equipment*, waktu turun pipa (pengeboran), pemberaian, isap kaksa, naik pipa, dan geser kapal. Waktu yang dibutuhkan untuk mengebor satu siklus (12 lubang) sebesar 25 jam. Waktu siklus metode *borehole mining* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Waktu Siklus Metode *Borehole Mining*

PROSES		
Penjangkaran	1.00	Jam
Set up bore equipment	0.50	Jam
Waktu turun pipa (pengeboran)	0.50	Jam
Waktu pemberaian	0.17	Jam
Waktu isap kaksa	0.33	Jam
Waktu naik pipa	0.17	Jam
Waktu geser kapal	0.33	Jam

Bentuk galian berbentuk *spherical* dengan diameter 3 m (didasarkan nilai jarak semprot *nozzle*) dengan rata-rata tebal lapisan kaksa sebesar 2,8 m. Sehingga volume bijih yang didapatkan sebesar 19,8 m³. Penambangan *borehole mining* di laut XXX dilakukan dalam blok-blok penambangan (ukuran 16 m x 16 m). Titik pengeboran dalam blok penambangan sebanyak 36 buah, hal ini didasarkan dari nilai jarak semprot *nozzle* sebesar 1,5 m. Dengan data waktu siklus, ukuran blok penambangan, dan kadar dari *block model cell* dapat ditentukan umur tambang. Sesuai dengan variabel kadar minimal mineral kasiterit yang di tambang umur tambang adalah 0,5 kg/m³ berumur 5 tahun, 0,7 kg/m³ berumur 4 tahun, 0,9 kg/m³ berumur 3 tahun, dan 1,1 kg/m³ berumur 3 tahun.



Gambar 5. Tampak Atas Blok Kecil Penambangan BHM dan Contoh Posisi Blok Penambangan pada Kadar 0,9 kg/m³

Parameter Dasar Analisis Kelayakan

Sebelum dilakukan analisis kelayakan, penelitian ini mengumpulkan data dan kajian teknis sebagai berikut:

1. Parameter Dasar Analisis Kelayakan
Sebagai acuan dalam melakukan analisis, hasil kajian teknis metode *borehole mining* dan pemasaran sangat dibutuhkan. Dimulai dari penetapan lokasi penelitian, pengumpulan data bor, pemodelan geologi, pembuatan blok model yang akhirnya adalah nilai sumberdaya yang terdapat pada laut XXX. Selain didapatkan data mengenai kapasitas produksi kapal *borehole mining*, teknis peralatan, harga jual logam timah, dan lain-lain.
2. Biaya Kapital (Investasi)
Biaya kapital dalam industri pertambangan didefinisikan sebagai biaya yang diperlukan pada saat awal proyek sampai dicapainya tahapan produksi (Romansyah, 2016). Untuk penelitian ini, biaya kapital adalah biaya pembuatan kapal *borehole mining* pada skema membangun sendiri kapal.
3. Biaya Operasional
Biaya operasi didefinisikan sebagai segala macam biaya yang harus dikeluarkan agar proyek penambangan dapat beroperasi atau berjalan sesuai dengan modal awal perusahaan (Romansyah, 2016). Biaya operasi terdiri atas 2 komponen, yaitu biaya operasional langsung dan biaya operasional tidak langsung.

Model aliran dana dibuat dengan menggunakan data-data berupa harga jual logam timah, biaya kapital serta biaya operasional kapal *borehole*. Analisis kelayakan investasi dilakukan berdasarkan model aliran kas. Metode yang umum digunakan untuk menilai profibilitas adalah metode *discounted cash flow*. Metode tersebut memperhitungkan faktor nilai uang terhadap waktu (*time value of money*) dimana uang yang diinvestasikan pada saat sekarang akan berbeda nilainya di masa yang akan datang. Ada dua macam analisis profibilitas dalam metode *discounted cash flow*, yaitu:

1. *Net Present Value (NPV)*

NPV adalah perbedaan antara nilai sekarang dari arus kas yang masuk dan nilai sekarang dari arus kas keluar pada sebuah waktu periode. NPV mengestimasi nilai sekarang pada suatu proyek, asset ataupun investasi berdasarkan arus kas masuk yang diharapkan pada masa depan dan arus kas keluar yang disesuaikan dengan suku bunga dan harga pembelian awal.

Nilai NPV dapat diketahui menggunakan Persamaan 3 sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} \times C_0 \quad (3)$$

Dimana C_t adalah arus kas per tahun pada periode t , C_0 adalah nilai investasi awal pada tahun ke-0, dan r adalah suku bunga atau *discount rate* (dalam %).

2. *Internal Rate of Return (IRR).*

IRR adalah tingkat/laju pengembalian suku bunga yang dapat membuat nilai NPV suatu proyek menjadi 0. IRR digunakan untuk mengetahui berapa nilai bunga yang diperoleh agar menghasilkan NPV proyek yang masuk sama dengan NPV proyek yang keluar. Apabila nilai IRR suatu proyek telah ditentukan, maka nilai IRR tersebut dapat dibandingkan dengan nilai suku bunga di tempat lain (misal : suku bunga bank). Jika nilai IRR lebih besar dari nilai IRR minimum, maka proyek layak untuk dijalankan. Jika IRR lebih kecil dari nilai IRR minimum, maka berlaku sebaliknya.

Metode yang umum digunakan untuk mencari nilai IRR suatu proyek adalah dengan cara interpolasi sebagai berikut:

$$IRR = i_1 + \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right) i_2 - i_1 \quad (4)$$

3. *Payback Period*

Payback period merupakan jangka waktu pengembalian modal awal. Investasi dinyatakan layak jika jangka waktu pengembalian modal lebih pendek dari umur proyek. Sehingga setelah pengembalian modal sudah dicapai, sisa umur proyek menghasilkan profit.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Asumsi dasar analisis kelayakan investasi

- Jumlah cadangan timah yang dapat ditambang sebesar 497 ton pada *cut off grade* geologi sebesar 0.198 kg/m³.
- Sesuai dengan variabel kadar minimal mineral kasiterit yang di tambang, umur tambang akan bervariasi yaitu 0,5 kg/m³ berumur 5 tahun, 0,7 kg/m³ berumur 4 tahun, 0,9 kg/m³ berumur 3 tahun, dan 1,1 kg/m³ berumur 3 tahun.
- Kemampuan kapal *borehole mining* untuk menambang sebesar 141 blok/tahun dengan 24 jam kerja dan sistem kerja 3 shift.
- Logam timah akan dijual dengan harga US\$ 16.850/ton (kurs US\$ 1 = Rp. 14.500).
- Suku bunga bank (*discount rate*) yang digunakan 11%.

Biaya Kapital

Untuk penelitian ini, biaya kapital adalah biaya pembuatan kapal *borehole mining* pada skema membangun sendiri kapal sebesar Rp 50.000.000.000,00.

Biaya Operasional

Biaya operasional dalam penelitian ini adalah biaya gaji awak kapal, akomodasi dan angkutan, biaya pengangkutan bijih, biaya pengolahan, biaya umum, biaya peleburan dan lain-lain. Biaya sewa kapal *borehole mining* termasuk dalam biaya operasional pada skema sewa kapal, sedangkan pada skema membuat kapal, tidak ada biaya sewa kapal. Jumlah untuk biaya operasional yang dikeluarkan selama masa proyek penambangan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Biaya Operasional Selama Proyek

Variasi Kadar Minimal (kg/m ³)	Umur Tambang	Total OpEx (Rupiah)	
		Skema Buat Kapal	Skema Sewa Kapal
0.5	5	144,471,806,609	69,784,454,811
0.7	4	126,287,158,630	61,020,556,239
0.9	3	108,916,279,987	53,397,188,133
1.1	3	108,014,806,644	48,823,687,512

Proyeksi Pendapatan Kotor Hasil Penjualan Logam Timah

Perkiraan dana yang diterima oleh PT. ABC sebagai hasil penjualan logam timah yang dihasilkan sesuai dengan variabel kepemilikan kapal dan kadar minimal dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Total Pendapatan Kotor

Variasi Kadar Minimal (kg/m ³)	Umur Tambang	Total Pendapatan Kotor (Rupiah)
0.5	5	76,437,622,682
0.7	4	67,841,765,559
0.9	3	60,528,909,652
1.1	3	54,882,518,355

Analisis Kriteria Penilaian Investasi

Nilai Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), dan Payback Period dari variabel skema kepemilikan kapal dan kadar minimal mineral dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. NPV, IRR, dan *Payback Period* pada Skema Menyewa Kapal

Variasi Kadar kg/m ³	Tonase Bijih Ton	Umur Tambang Tahun	Logam Timah Ton	Harga Jual Timah \$ Dollar/Ton	NPV Rupiah	IRR %	PBR Tahun
0.5	320	5	313	16,850	(90,581,225)	6%	2.81
0.7	284	4	278	16,850	178,072,514	21%	1.45
0.9	253	3	248	16,850	557,646,871	43%	0.91
1.1	229	3	225	16,850	8,331,793	12%	0.83

Tabel 8. NPV, IRR, dan *Payback Period* pada Skema Membuat Kapal

Variasi Kadar kg/m ³	Tonase Bijih Ton	Umur Tambang Tahun	Logam Timah Ton	Harga Jual Timah \$ Dollar/Ton	NPV Rupiah	IRR %	PBR Tahun
0.5	320	5	313	16,850	(104,827,693,211)	-	-
0.7	284	4	278	16,850	(98,830,063,070)	-	-
0.9	253	3	248	16,850	(91,748,549,460)	-	-
1.1	229	3	225	16,850	(94,987,439,770)	-	-

KESIMPULAN

Pada Tabel 7 dan 8 yang berisi data mengenai nilai NPV, IRR, dan *Payback Period*, terlihat bahwa skema pembuatan kapal memiliki nilai *Net Present Value* (NPV) lebih kecil dari 1 pada semua variasi kadar minimal. Hal ini menyatakan bahwa skema kepemilikan dengan pembuatan kapal BHM tidak layak untuk dilakukan.

Hal sebaliknya terlihat pada skema kepemilikan kapal dengan sistem sewa. Terlihat bahwa pada variasi kadar minimal 0,7 kg/m³, 0,9 kg/m³, dan 1.1 kg/m³ memiliki nilai *Net Present Value* (NPV) lebih besar dari 1. Selain itu, nilai *Internal Rate of Return* untuk ketiga variasi kadar lebih besar dari suku bunga yang digunakan yaitu 11% dan jangka waktu pengembalian investasi (*Payback Period*) juga memenuhi karena lebih kecil dari umur proyek. Pada skema kepemilikan kapal dengan sewa, variasi kadar sebesar 0.9 kg/m³ lebih layak dilakukan karena memiliki nilai NPV (Rp 557.646.871), dan nilai IRR (43%) paling besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, kami sampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada PT Timah Tbk karena sebagai tempat belajar dan mencoba untuk membuat kemajuan bagi perusahaan. Metode *borehole mining* adalah metode penambangan yang baru bagi PT Timah Tbk dan dunia pertambangan Indonesia. Selain itu, kami juga sampaikan terima kasih kepada PERHAPI karena telah menyelenggarakan TPT XXIX PERHAPI 2020 sebagai sarana menyampaikan ide-ide kami yang tidak sempurna bagi dunia pertambangan Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Beck, Daniel., (2016): *Applicability of Hydraulic Borehole Mining (HBHM) to Diamondiferous Deposits*. Thesis Magister, New Mexico Institute of Mining and Technology
- Moran, Michael J., Shapiro, Howard N., Boettner, Daisie D., and Bailey, Margaret B., (2010): *Fundamentals of Engineering Thermodynamics 7th Edition*, Wiley Publishing
- Lubis, Ichwan Azwardi., Susilo, Robertus Bambang., and Romi, Sasri. (2014): *A Technological Innovation To Conserve Tin Alluvial Mining: Subsurface Hydraulic Mining by BTM-SR-4 Equipment*, *Journal of S&T Policy and R&D Management*, Vol 12, 147-156
- Romansyah, Dedi, (2016): *Kajian Pengaruh Parameter Ekonomi Terhadap Nilai Sekarang Bersih*. Bandung: Universitas Islam Bandung.