EVALUASI CADANGAN BATUBARA DENGAN MEMPERTIMBANGKAN *OPTION VALUE*

Coal Reserves Evaluation by Considering Option Value

DAVID P. TUA, ARYO P. WIBOWO dan FADHILA A. ROSYID

Program Studi Magister Rekayasa Pertambangan - Bidang Khusus Manajemen dan Ekonomi Minerba
Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha 10 Bandung
e-mail: davidpandutua@yahoo.co.id

ABSTRAK

Indonesia memiliki cadangan batubara hanya sebesar 2,2% dari cadangan dunia. Namun, permintaan batubara Indonesia tergolong tinggi, baik dalam negeri maupun luar negeri. Hal ini diindikasikan dari peningkatan produksi batubara sejak 2007. Banyak tambang, khususnya batubara, yang evaluasinya tidak memperhitungkan ketidakpastian dalam penentuan desain penambangan, terutama faktor ekonomi atau fluktuasi harga jual. Perusahaan pertambangan menganggap bahwa harga jual akan konstan sepanjang umur tambang dengan metode *discounted cash flow*. Oleh karena itu diperlukan metode baru yang dapat memperhatikan ketidakpastian tersebut dalam optimasi desain penambangan, yaitu metode *real option valuation*. Dengan metode ini dapat diketahui apakah nisbah kupas yang tidak ekonomis berdasarkan metode *discounted cash flow* dapat menjadi ekonomis berdasarkan metode *real option* yang memerhatikan perubahan harga jual. Penentuannya dilihat dari nilai opsi yang dihasilkan dari *real option* yang dibandingkan dengan hasil dari metode *discounted cash flow*. Hasil studi ini menunjukkan bahwa nisbah kupas yang tidak ekonomis berdasarkan metode *discounted cashflow* masih memiliki nilai tambah dan dapat ditambang.

Kata kunci: batubara, nisbah kupas, *discounted cash flow*, *real option*.

ABSTRACT

Indonesia's coal reserves are only as much as 2.2% of the world reserve. However, the coal demand is high, either domestic or international, based on its increasing coal production since 2007. The coal reserve itself is determined by stripping ratio for the mine plan design from economic evaluation. Many mines, especially coal mines, do not consider uncertainties in its evaluation of determining mine designs, particularly economic factor or fluctuations in selling price. The corporations assume that the sale price is constant throughout the life of the mine using discounted cash flow method. Therefore, an advanced method that can overcome this uncertainty is needed, which is real option valuation. This method can determine whether a non-feasible stripping ratio based on the discounted cash flow analysis can be mined based on real option analysis, which considers the fluctuation of sale price. The determination can be seen from the comparison between option value generated by real option and the result from discounted cash flow. The result of the study indicates that a non-feasible stripping ratio based on the discounted cash flow method has a value-added and can be mined.

Keywords: coal, stripping ratio, *discounted cash flow*, *real option valuation*.

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki cadangan terbukti batubara terbesar ke-4 di Asia Pasifik (BP, 2018).

Produksinya terus mengalami peningkatan sejak 2007 dengan penggunaan domestik yang terus bertambah sejak 2014 dalam pemenuhan kebutuhan batubara untuk pembangkit listrik

tenaga uap (PLTU) (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018). Hal ini mengindikasikan bahwa permintaan batubara tinggi, terutama *steam coal* dengan kalori rendah. Adanya indikasi tersebut memerlukan upaya untuk meningkatkan jumlah cadangan tertambang batubara untuk memenuhi kebutuhan, sehingga pasokan batubara Indonesia dapat berjangka panjang seiring dengan bertambahnya umur tambang.

Evaluasi yang selama ini digunakan perusahaan tambang dalam penentuan nisbah penambangan untuk mengetahui cadangan tertambang adalah *discounted cash flow* (DCF). Evaluasi cara ini dilakukan hanya berdasarkan harga jual yang dianggap konstan sepanjang umur tambang, meskipun kenyataannya fluktuasi harga batubara cukup tinggi. Menurut Martinez (2012), banyak kegiatan tambang, khususnya tambang batubara, evaluasinya tidak memperhitungkan ketidakpastian, terutama ketidakpastian ekonomi, meskipun pada kenyataannya kualitas dan harga batubara menjadi sumber utama ketidakpastian, terutama pada tambang skala kecil.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengkaji nisbah kupas penambangan batubara menggunakan metode *real option valuation* (ROV). ROV adalah metode yang memberikan kesempatan bagi pengambil keputusan untuk membuat dan memanfaatkan peluang yang muncul selama umur proyek (Peters, 2016). Metode ini memperhatikan fluktuasi harga jual sebagai risiko ekonominya, sehingga dapat digunakan untuk mengambil keputusan dalam peningkatan nisbah kupas pada desain penambangan. Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah nisbah kupas yang tidak ekonomis berdasarkan DCF masih dapat ditambang agar mendapat jumlah cadangan tertambang lebih besar yang mendukung upaya konservasi oleh pemerintah. Peningkatan jumlah cadangan selain tetap menguntungkan bagi perusahaan juga bisa menambah pendapatan kepada pemerintah melalui pajak, royalti, dan iuran tetap.

METODE

Perubahan harga jual akan berpengaruh terhadap *net present value* (NPV) dan simulasi

kemungkinan harga yang berubah dilakukan untuk penentuan risiko ekonominya pada setiap desain penambangan yang telah dibuat. Metode yang digunakan untuk penilaian risiko ekonomi adalah *real option valuation* (ROV).

Metode ROV diadopsi dari penilaian *financial option*. Fleksibilitas manajemen dalam pengambilan keputusan untuk optimasi yang dilakukan diperoleh dengan mengetahui nilai opsi proyek tersebut, yaitu mempertimbangkan antara NPV dan *option premium*. *Option premium* sendiri adalah nilai tambah suatu proyek. Nilai NPV diperoleh dengan mendiskonto aliran kas yang dihasilkan (*discounted cash flow*), sedangkan *option premium* didapat dengan memperhitungkan nilai opsi menggunakan pohon binomial. Keputusan yang dihasilkan adalah apakah nisbah kupas yang tidak bernilai ekonomis secara DCF masih memungkinkan untuk ditambang.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dan diperoleh dari berbagai instansi terkait, serta berbagai sumber referensi.

LANDASAN TEORI

Menurut Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 (Presiden Republik Indonesia, 2020), batubara adalah endapan senyawa organik yang terbentuk secara alami dari sisa tumbuhan-tumbuhan yang mengalami perubahan kimia dan fisika. Perubahan tersebut terdiri dari pembusukan tanaman, pengendapan oleh proses sedimentasi, pemadatan, dan transformasi. Siklus tersebut terjadi berulang kali yang dipengaruhi oleh suhu, waktu, dan tekanan yang dialami proses tersebut (Miller, 2005). Berbeda dengan bijih yang menyatu dengan pengotornya dan kadar yang berbeda-beda, endapan batubara memiliki lapisan penutup dan umumnya kualitas yang hampir homogen pada tiap lapisan batubara.

Untuk menambang batubara, diperlukan informasi endapan tersebut yang cukup, cara penambangan, pengolahan dan biaya yang diperlukan. Oleh karena itu dibutuhkan perencanaan yang baik untuk mengetahui hal tersebut. Perencanaan dilakukan untuk mengetahui infrastruktur tambang dan lokasinya, desain jalan, desain *pit*, alat berat

yang dibutuhkan, target produksi, dan tahapan untuk mencapai target produksi tersebut. Karena berasal dari analisis ekonomi, maka perencanaan tambang akan sangat dipengaruhi oleh harga jual. Dalam kenyataannya, harga jual selalu mengalami fluktuasi. Perusahaan tambang perlu strategi untuk dapat tetap bertahan. Strategi tersebut dapat berupa mengubah nisbah kupas (penambangan batubara), cara penambangan, dan atau menerapkan teknologi yang murah dan efisien, sehingga tambang tetap menghasilkan keuntungan (Hustrulid, Kuchta dan Martin, 2013).

Discounted Cash Flow

Metode DCF merupakan cara konvensional dalam melakukan valuasi terhadap suatu proyek dengan NPV sebagai parameternya. Metode ini menilai proyek dengan asumsi hanya menggunakan satu harga jual dan tidak ada investasi ulang selama umur proyek tersebut. Nilai NPV didapat berdasarkan hasil aliran kas yang didiskon dengan biaya yang timbul akibat penggunaan sumber dana atau disebut *cost of capital* yang dinyatakan dalam persen.

DCF membandingkan proyek dengan investasi tanpa risiko yang nyatanya, terutama dalam tambang, ada risiko terutama untuk harga jual. Sebelumnya telah dijelaskan bahwa metode ini tidak menghiraukan perubahan harga jual di waktu mendatang. Asumsi inilah yang menjadi kekurangan mendasar DCF yang menyebabkan kurang akuratnya evaluasi yang dihasilkan.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} - K \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

CF_t : Aliran kas tahun ke-t

i : *Discount rate*

K : Biaya kapital

Real Option

Menurut Brennan dan Schwartz (1985), kegiatan pertambangan seharusnya dinilai dengan analogi pasar saham, karena tingginya ketidakpastian pada aliran kasnya akibat fluktuasi harga jual komoditas. Selain itu, usaha pertambangan membutuhkan modal besar dan butuh waktu yang lama untuk pengembaliannya, sehingga dibutuhkan perhitungan akurat untuk mengevaluasi proyek tersebut; sedangkan dalam metode

konvensional, hasil perhitungannya kurang akurat, karena ada parameter ketidakpastian (harga jual) yang tidak dimasukkan dalam perhitungannya.

Berdasarkan penelitian Samis, Davis dan Laughton (2007), perbedaan mendasar antara metode *real option* dan DCF terletak pada penyesuaian risiko. Risiko pada DCF diwakili oleh laju pengembalian berupa NPV, sedangkan *real option* mengoreksi dalam aliran kas dan laju pengembaliannya. Oleh karena itu, metode *real option* cocok dilakukan untuk mengevaluasi proyek pertambangan dengan ketidakpastian eksogen tinggi. *Real option* merupakan adaptasi dari *financial option* yang diaplikasikan pada pasar primer.

Metode dengan pendekatan konvensional mengasumsikan kemampuan pengambilan keputusan secara statis, sedangkan *real option* mengasumsikan serangkaian pengambilan keputusan di masa depan yang dinamis dengan manajemen memiliki fleksibilitas untuk menyesuaikan perubahan yang diberikan dalam lingkungan bisnis (Mun, 2002).

Terdapat 5 parameter utama dalam *real option*. Pertama, harga aset pokok yang merupakan total nilai aset keseluruhan berupa keuntungan aliran kas termasuk biaya kapital. Kedua, biaya kapital yang dibutuhkan untuk proyek tersebut atau biasa disebut *strike price* dalam *real option*. Ketiga, periode atau umur proyek. Keempat, volatilitas NPV, yaitu nilai yang mewakili risiko ekonomi fluktuasi harga jual. Kelima, laju pengembalian tanpa risiko sebagai pembanding tingkat pengembalian yang ingin diperoleh.

Penentuan volatilitas dimulai dengan menghitung laju pertumbuhan NPV (*growth rate*). Rata-rata laju pertumbuhan disebut laju perubahan (*drift rate*) yang digunakan untuk penentuan nilai volatilitas. Berikut persamaan yang digunakan dalam menentukan volatilitas NPV.

$$\text{Growth Rate} = \ln \left(\frac{NPV_{n+1}}{NPV_n} \right) \dots\dots\dots (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(U_i - \bar{U}_i)^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

n : Jumlah data

σ : Standar deviasi (volatilitas NPV)

U_i : Laju pertumbuhan (*growth rate*)

$\bar{U}_i$: Rata-rata laju pertumbuhan (*drift rate*)

Pohon Binomial

Pohon binomial adalah salah satu cara dalam metode *real option* yang menghitung nilai suatu proyek menggunakan diagram pohon untuk menggambarkan ketidakpastian suatu variabel proyek. Diagram tersebut mewakili kemungkinan naik atau turunnya nilai proyek untuk setiap selang waktu berdasarkan tingkat volatilitas variabel yang tidak pasti.

Cara ini terdiri dari nilai laju kenaikan (*up*) dan laju penurunan (*down*), *u* dan *d*, dan nilai kemungkinannya untuk mengalami dua hal tersebut (*probability*, *p*). Ketiga nilai tersebut didapat dari persamaan berikut (Crundwell, 2008):

$$p = \frac{e^{rT} - d}{u - d} \dots\dots\dots (4)$$

$$u = e^{\sigma\sqrt{T}} \dots\dots\dots (5)$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{T}} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

σ : Volatilitas NPV

T : Periode

r : Laju pengembalian tanpa risiko

Nilai opsi yang dihitung menggunakan metode pohon binomial dimulai dari saat akhir periode dengan nilai opsi yang diketahui dan dihitung mundur sampai ke awal saat $T = 0$ (*present value*). Hasilnya, nilai opsi pada saat sebelum akhir periode dapat dihitung dengan kemungkinan risiko,

$$f = e^{-r\Delta t} (pf_u + (1-p)fd) \dots\dots\dots (7)$$

dengan Δt menunjukkan selang waktu, yaitu $n \Delta t = T$ dan *n* merupakan jumlah langkah. Variabel *f* menunjukkan nilai opsi pada saat evaluasi, sedangkan *f_u* dan *f_d* adalah nilai opsi pada saat naik dan turun pada langkah berikutnya. Metode pohon binomial dilakukan

hingga mencapai waktu awal untuk mendapatkan nilai opsi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan model geologi batubara oleh PT. XYZ terdapat 5 lapisan batubara dengan adanya *splitting* pada lapisan 2 dan 4. Tebal dan kualitas batubara dapat dilihat dalam Tabel 1.

Arah jurus batubara dari tenggara menuju barat laut dengan kemiringan sebesar 8-12° ke arah utara. Lapisan batubara yang direncanakan untuk ditambang adalah Lapisan 4, 3, dan 2. Hal ini dilihat dari kalori dan ketebalan batubara. Selain itu, tanah penutup antara ketiga lapisan tersebut lebih tipis untuk dikupas dibandingkan dengan lapisan lain.

Pada lapisan batubara lain belum dilakukan penambangan, karena tanah penutup yang tebal dan jumlah batubara yang dieksploitasi sedikit yang berbanding terbalik dengan tujuan penelitian ini.

Perencanaan tambang dimulai dari pembuatan desain *pit* dengan kriteria geoteknik yang sudah direkomendasikan. Rekomendasi geoteknik dapat dilihat pada Tabel 2. Infrastruktur juga dibuat untuk mendukung kegiatan penambangan seperti area kantor dan tempat tinggal, *workshop*, pembibitan, pelabuhan dan pengolahan, area penyimpanan, jalan pengangkutan, dan kolam pengendapan. Peralatan tambang yang digunakan juga diperhitungkan dalam perencanaan sesuai target produksi yang telah ditentukan. Hal ini dibutuhkan untuk menentukan biaya penggalian dan pengangkutan batubara dan lapisan penutup.

Tabel 1. Tebal dan kualitas batubara

Lapisan Batubara	Tebal Batubara (m)	TM (%)	IM (%)	ASH (%)	TS (%)	CV (Kkal/kg)
S01	6,26	16,27	10,47	26,90	0,23	4450,00
S02U	0,80	15,57	9,79	28,48	0,23	4377,91
S02L	1,49	15,78	9,98	30,37	0,23	4171,81
S03	2,52	16,08	10,28	23,59	0,24	4722,91
S04U	0,74	16,27	10,47	26,90	0,23	4450,00
S04L	2,29	16,41	10,58	25,83	0,23	4547,13
S05	2,66	16,57	10,81	29,15	0,22	4250,58
Total	16,76	16,27	10,47	26,90	0,23	4450,46

Sumber: PT. XYZ (2019)

Tabel 2. Rekomendasi geoteknik

Wall Slope	Wall Berm	Tinggi Jenjang	Ramp Width	Ramp Grade
60°	5 meter	10 meter	20 meter	10%

Sumber: PT. XYZ (2019)

Cadangan dan Penjadwalan Produksi

Desain penambangan yang digunakan dalam penelitian ini memiliki nisbah kupas 7,4. Jumlah batubara sebesar 15.146.446 ton dan tanah penutup sebanyak 111.308.778 *bank cubic meter* (bcm). Target produksi tambang sendiri adalah 800.000 ton per tahun.

Dari batas penambangan dan target di atas akan disusun jadwal penambangan seperti pada Tabel 3 dengan umur tambang selama 19 tahun.

Tabel 3. Jadwal penambangan

Tahun	Batubara (ton)	Lapisan Penutup (bcm)
1	800.000	7.095.385
2	800.000	6.039.014
3	800.000	5.030.222
4	800.000	6.868.933
5	800.000	6.575.869
6	800.000	6.699.271
7	800.000	6.045.259
8	800.000	6.382.132
9	800.000	5.364.450
10	800.000	6.159.163
11	800.000	6.111.658
12	800.000	5.048.574
13	800.000	7.021.642
14	800.000	5.275.611
15	800.000	5.879.633
16	800.000	6.470.639
17	800.000	4.160.663
18	800.000	4.497.960
19	746.446	4.582.700

Sumber: Hasil pengolahan

Evaluasi *Discounted Cash Flow*

DCF merupakan evaluasi untuk menilai aliran kas proyek menggunakan konsep nilai uang terhadap waktu. Konsep ini menjelaskan bahwa nilai uang sekarang memiliki daya beli lebih tinggi dibandingkan nilai uang di masa mendatang. Oleh karena itu, nilai uang di masa mendatang perlu didiskon dengan laju tertentu. Besar nilai diskon dapat dihitung menggunakan *Weighted Average Cost of Capital* (WACC).

WACC adalah metode yang digunakan untuk menghitung *cost of capital* proyek dari proporsi sumber dana pembiayaan proyek tersebut. Sumber dana dapat berasal dari dana sendiri (*equity*) atau pinjaman dari pihak lain seperti bank (*debt*). WACC dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$WACC = \frac{E}{TC} * Ke + \frac{D}{TC} * Kd * (1-T) \dots\dots\dots (8)$$

$$Ke = Rf + Rc + \beta * EMRP \dots\dots\dots (9)$$

Sesuai dengan asumsi yang digunakan, proporsi modal sendiri yang digunakan sebagai biaya kapital adalah 70% dan modal pinjaman sebesar 30%. Bunga pinjaman (*Kd*) adalah 9,95% per tahun. Pajak sebesar 25% dan beban penggunaan sumber dana sendiri (*Ke*) dapat dihitung menggunakan Persamaan 9.

Nilai laju pengembalian tanpa risiko (*Rf*) didasarkan kepada tingkat risiko *Treasury Bill US Federal Bank* sebesar 0,38% yang merupakan rata-rata selama 10 tahun. Pemilihan *Treasury Bill US Federal Bank* ini karena dianggap stabil dan pasti adanya pengembalian jumlah uang yang dikeluarkan. Nilai *country risk premium* (*Rc*) dan *equity market risk premium* (*EMRP*) untuk Indonesia adalah 2,69% dan 8,06% didapat dari damodaran (People.stern.nyu.edu, 2018). Nilai β diasumsikan bernilai 1, sehingga berdasarkan Persamaan 9 nilai *Ke* adalah 11,13% dan menggunakan Persamaan 8 WACC diperoleh sebesar 10,03%.

Biaya operasional untuk penggalian batubara sebesar 13,62 USD/ton dan pengupasan tanah penutup sebesar 3,34 USD/bcm. Harga jual yang digunakan adalah 41,24 USD per ton. Royalti atau iuran produksi yang harus ditanggung berdasarkan nilai kalori batubara tersebut adalah 3% dan pajak penghasilan sebesar 25%. Dari data di atas dapat disusun aliran kas seperti pada Tabel 4.

Dalam evaluasi DCF, parameter yang digunakan untuk menentukan keuntungan suatu proyek adalah NPV. Nilai NPV diperoleh dari menjumlahkan semua aliran kas tiap periode yang telah didiskon dengan laju tertentu, dalam hal ini WACC. Nilai NPV dan umur tambang dari SR 7,4 adalah -7.718.423 USD dengan umur selama 19 tahun. Walaupun memiliki nilai NPV <0, proyek tersebut masih memiliki probabilitas untuk

dilakukan dalam evaluasi *real option*. Hal ini dikarenakan dalam *real option* memperhitungkan kemungkinan perubahan harga jual yang dapat memberikan nilai tambah proyek tersebut.

Tabel 4. Aliran kas

Tahun	Aliran Kas (USD)
1	334.003,95
2	2.584.074,18
3	4.732.801,14
4	816.346,71
5	1.440.573,03
6	1.177.726,77
7	2.570.772,33
8	1.853.232,84
9	4.020.895,50
10	2.328.156,81
11	2.429.342,46
12	4.693.711,38
13	491.076,54
14	4.210.122,57
15	2.923.555,71
16	1.664.712,93
17	6.584.961,81
18	5.866.519,20
19	4.674.543,25

Sumber: Hasil Pengolahan

Evaluasi *Real Option*

Risiko ekonomi yang dihadapi dan dibahas dalam penelitian ini adalah risiko pasar yang berhubungan dengan perubahan harga.

Dalam penambangan, harga juga memengaruhi nilai nisbah kupas yang dapat ditambang oleh perusahaan, sehingga risiko ini yang dicoba diatasi untuk penentuan nisbah kupas tambang batubara. Hal ini bertujuan untuk memaksimalkan jumlah cadangan batubara tertambang yang sudah dihitung berdasarkan risiko ekonominya, yaitu fluktuasi harga jual.

Nilai volatilitas diwakili oleh standar deviasi (σ) laju pertumbuhan (*growth rate*). Rata-rata laju pertumbuhan disebut dengan laju perubahan (*drift rate*).

Laju perubahan nisbah kupas 7,4 sebesar 0,3263 dari 10 data perubahan harga jual historis, sehingga volatilitas NPV desain tersebut sebesar 2,9806. Tabel 5 berikut menunjukkan

perubahan NPV akibat perubahan harga jual historis untuk mendapatkan perhitungan volatilitas NPV dengan aliran kas DCF menjadi dasarnya.

Tabel 5. Perubahan NPV

Tahun	HBA (USD/ton)	Harga Jual (USD/ton)	NPV
2009	70,70	40,64	-10.636.753,63
2010	91,74	53,24	50.533.487,97
2011	118,40	69,22	128.050.844,87
2012	95,48	55,49	61.412.181,86
2013	82,92	47,96	24.901.928,34
2014	72,62	41,79	-5.054.457,26
2015	60,13	34,30	-41.380.572,53
2016	61,84	35,33	-36.411.262,69
2017	85,92	49,76	-33.607.306,33
2018	98,96	57,57	71.539.785,54

Sumber: Hasil Pengolahan

Dari tabel di atas diperoleh laju pertumbuhan dari tahun ke tahun dan rata-rata laju pertumbuhan sebesar 0,3263. Menggunakan Persamaan 3, diperoleh volatilitas NPV dari desain penambangan dengan nisbah kupas 7,4 sebesar 2,9806.

Hasil Pohon Binomial

Pohon binomial adalah salah satu cara dalam ROV yang digunakan untuk menghitung nilai opsi proyek yang dievaluasi. Nilai opsi yang diperoleh sudah mencerminkan risiko yang ada. Nilai ini kemudian dibandingkan dengan NPV yang didapat dari DCF untuk mengambil keputusan.

Pemilihan metode ini dikarenakan risiko ekonomi yang menjadi kunci utama diwakilkan oleh nilai laju kenaikan dan laju penurunan yang didapat dari volatilitas NPV berdasarkan harga jual historis yang sudah pernah terjadi (Tabel 5). Hal ini membuat risiko ekonomi yang diperhitungkan mewakili keadaan sesungguhnya, dibandingkan dengan cara lain yang menggunakan nilai probabilitas dalam menentukan risiko ekonominya.

Keputusan penelitian ini diambil dari nilai opsi perhitungan pohon binomial. Parameter yang digunakan dapat dilihat dalam Tabel 6.

Tabel 6. Parameter pohon binomial

Parameter	Simbol	Nilai
Aset Pokok	So	19.944.357
Biaya Kapital	K	28.349.496
Umur Proyek	T	19
Periode	dt	1
Volatilitas NPV Laju	σ	2,9806
Pengembalian Tanpa Risiko	rf	0,0038
<i>Drift Rate</i>	α	0,3263
<i>Convenience yield</i>	$c = rf - \alpha$	0,3225
Laju Kenaikan	u	19,6988
Laju Penurunan	d	0,0508
<i>Probability</i>	p	0,0343

Sumber: Hasil Pengolahan

Underlying asset atau aset pokok merupakan nilai NPV yang termasuk dengan biaya kapital yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk memulai proyek, dengan biaya kapital adalah *exercise price*. Biaya kapital dalam penelitian diperoleh dari beberapa referensi yaitu Diharjo dan Utomo (2014) dan Devi (2012). *Maturity date* adalah waktu yang diperlukan agar proyek mendapatkan hasil, dalam hal ini adalah umur tambang.

Volatilitas NPV adalah risiko ekonomi yang diperoleh dari simulasi perubahan harga jual historis terhadap aliran kas tiap desain penambangan. *Risk free rate* merupakan laju pengembalian tanpa risiko. Suatu proyek dikatakan tanpa risiko, jika sudah memiliki laju pengembalian dalam aliran kas, dalam hal ini diwakili oleh WACC. Nilai *risk free rate* diperoleh dari *Treasury Bill* Bank Federal US.

Drift rate merupakan rata-rata perubahan NPV setiap tahun. *Convenience yield* adalah laju pendapatan yang seharusnya masuk dalam proyek tanpa risiko setelah memperhitungkan kemungkinan perubahan NPV akibat perubahan harga. Perhitungan nilai volatilitas NPV yang telah diketahui dalam pembahasan sebelumnya selanjutnya digunakan untuk menghitung laju kenaikan dan laju penurunan proyek tersebut berdasarkan Persamaan 5 dan 6.

$$u = e^{\sigma\sqrt{T}}$$

$$u = e^{2,9806\sqrt{19}}$$

$$u = 19,6988$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{T}}$$

$$d = e^{-2,9806\sqrt{19}}$$

$$d = 0,0508$$

Selanjutnya adalah menghitung nilai *probability*, yaitu nilai yang menunjukkan kemungkinan proyek tersebut mengalami kenaikan dan penurunan sepanjang umurnya. *Probability* dapat diperoleh dengan Persamaan 4.

$$p = \frac{e^{rT} - d}{u - d}$$

$$p = \frac{e^{0,0038 \times 19} - 0,0508}{19,6988 - 0,0508}$$

$$p = 0,0343$$

Nilai proyek di akhir ini kemudian ditarik kembali ke awal untuk mengetahui nilai opsi (*strategic NPV*) yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$f = e^{-r \Delta t} (p f_u + (1-p) f_d) \dots \dots \dots (10)$$

$$f = e^{-0,0038 \times 1} (0,0343 \times f_u + (1 - 0,0343) f_d)$$

f_u adalah nilai aset pokok yang dikalikan dengan laju kenaikan dan f_d adalah aset pokok yang dikalikan dengan laju penurunan pada langkah pertama.

Hasil yang diperoleh dari pohon binomial adalah *strategic NPV* atau nilai opsi yang merupakan jumlah NPV dan nilai tambah aliran kas yang sudah memperhitungkan perubahan harga jual. Nilai opsi proyek tersebut berdasarkan Persamaan 10 sebesar 12.888.372 USD. Hasil ini mengindikasikan tambang dengan SR 7,4 tersebut masih dapat dilakukan, karena memiliki nilai opsi yang positif dan nilai tambah (*option premium*) sebesar 20.606.795 USD. Nilai *option premium* sendiri diperoleh dari selisih antara nilai opsi dari *real option* dan NPV dari DCF.

Pembahasan

Pada skenario yang sama, yaitu SR 7,4, hasil metode DCF yang menggunakan harga konstan mengindikasikan bahwa proyek tersebut tidak layak untuk dilaksanakan karena memiliki nilai negatif sebesar -7,7 juta USD. Namun metode *real option* dengan mempertimbangkan perubahan harga jual dan kemungkinan nilai proyek tersebut untuk naik dan turun mengindikasikan proyek tersebut masih layak karena memberikan hasil positif sebesar 12,8 juta USD.

Berdasarkan penelitian Dimitrakopoulos dan Abdel Sabour (2007) tentang pemilihan desain tambang dengan membandingkan metode NPV dan *real option*, diketahui bahwa desain tambang yang memiliki NPV rendah akan tetap ekonomis berdasarkan *real option* karena memiliki nilai yang lebih tinggi daripada NPV. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar risiko penurunan (nilai *down*), dapat dihindari saat mengintegrasikan fleksibilitas manajemen untuk meninggalkan atau membatalkan suatu desain tambang dalam proses penilaian.

Jika cadangan dihitung dengan harga konstan tidak layak, alternatifnya adalah mengurangi nisbah kupas ke tingkat yang menghasilkan nilai positif. Namun konsekuensi yang harus ditanggung adalah jumlah cadangan tertambang harus berkurang.

Sebagai pembanding, jika ingin mendapatkan hasil positif menggunakan harga konstan pada metode DCF, SR harus dikurangi setidaknya sampai 7,0 yang memiliki NPV mendekati 0 yaitu 141 ribu USD dengan cadangan berkurang menjadi 12,7 juta ton.

Tidak ada yang menjamin bahwa harga akan konstan selama bertahun-tahun sesuai umur tambang. Wu Da dan Wanli Xing dari *China University of Geoscience* menilai bahwa *real option* menghitung keekonomian dalam investasi batubara dengan melihat faktor utama yang memengaruhi yaitu fluktuasi harga (Da dan Xing, 2014).

Oleh karena itu, dengan melihat perubahan harga yang sudah terjadi *real option* dicoba mengatasi ketidakpastian tersebut. *Real option* sendiri menunjukkan hasil yang tidak membuat SR harus diperkecil. Metode ini menghasilkan nilai opsi yang merupakan akibat dari adanya nilai tambah proyek atau juga disebut *option premium* yang sudah memperhatikan risiko ekonomi berupa fluktuasi harga dalam perhitungannya. Penelitian Wijaya, Idrus dan Sasongko (2012) juga menunjukkan bahwa memperhitungkan perubahan harga yang telah terjadi dapat menambah potensi dan keyakinan tambang batubara. Nilai ini menunjukkan bahwa proyek dengan SR 7,4 masih layak dilakukan penambangan.

Namun penambangan tidak dapat dilakukan sekarang karena proyek tersebut memiliki

option premium yang akan diperoleh jika menunggu waktu yang tepat untuk melaksanakan penambangan.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis, dapat ditarik kesimpulan bahwa nisbah kupas desain tambang yang tidak layak berdasarkan metode DCF masih memiliki nilai tambah yang memungkinkan nisbah kupas tersebut masih bisa ditambang dengan metode *real option*. Pada metode DCF NPV yang dihasilkan -7.718.423 USD dan menggunakan metode *real option* menghasilkan nilai opsi sebesar 12.883.372 USD. Hal ini dikarenakan metode *real option* memperhitungkan perubahan harga yang telah terjadi sebelumnya sebagai faktor risikonya yang memberikan nilai tambah pada proyek sebesar 20.606.795 USD.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu, mengarahkan, dan memberi masukan selama pengerjaan penelitian ini, terutama Laboratorium Perencanaan Tambang ITB, serta rekan-rekan Rekayasa Pertambangan – Bidang Khusus Manajemen dan Ekonomi Minerba ITB.

DAFTAR PUSTAKA

- BP (2018) *BP statistical review of world energy 2018*. 67 ed. BP.
- Brennan, M. J. dan Schwartz, E. S. (1985) "Evaluating natural resource investments," *The Journal of Business*, 58(2), hal. 135–157.
- Crundwell, F. (2008) *Finance for engineers: valuation and funding of capital projects*. London: Springer London. doi: 10.1007/978-1-84800-033-9.
- Da, W. dan Xing, W. L. (2014) "Study on the application of real options in coal resources investment," *Advanced Materials Research*, 978, hal. 265–271. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.978.265.
- Devi, M. S. (2012) *Perencanaan dermaga curah batu bara dan lapangan penumpukan di Berau Kalimantan Timur*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Diharjo, S. dan Utomo, C. (2014) "Analisis investasi proyek pelaksanaan di konsesi penambangan batubara," in *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXI*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, hal. B-16-1-B-16-8.
- Dimitrakopoulos, R. G. dan Abdel Sabour, S. A. (2007) "Evaluating mine plans under uncertainty: Can the real options make a difference?," *Resources Policy*, 32(3), hal. 116–125. doi: 10.1016/j.resourpol.2007.06.003.
- Hustrulid, W. A., Kuchta, M. dan Martin, R. K. (2013) *Open pit mine planning and design*. 3 ed. London: CRC Press.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2018) *Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2018*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Martinez, L. (2012) "Coal mine project evaluation using an integrated real options model approach," *Mineralproduksjon*, 2, hal. 31–52.
- Miller, B. G. (2005) *Coal energy systems*. Amsterdam: Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-12-497451-7.X5000-1.
- Mun, J. (2002) *Real options analysis: Tools and techniques for valuing strategic investments and decisions*. Hew Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- People.stern.nyu.edu (2018) *Indonesia Risk Premium*, People.stern.nyu.edu.
- Peters, L. (2016) *Real options illustrated*. Cham: Springer International Publishing (SpringerBriefs in Finance). doi: 10.1007/978-3-319-28310-4.
- Presiden Republik Indonesia (2020) *Undang-Undang No. 3 Tahun 2020 tentang perubahan atas Undang-Undang No.4 Tahun 2009 tentang pertambangan mineral dan batubara, Lembaran Negara RI Tahun 2020 No. 147*. Indonesia. Tersedia pada: [https://jdih.esdm.go.id/storage/document/UU No. 3 Thn 2020.pdf](https://jdih.esdm.go.id/storage/document/UU%20No.%203%20Thn%202020.pdf).
- Samis, M. R., Davis, G. A. dan Laughton, D. G. (2007) "Using stochastic discounted cash flow and real option Monte Carlo simulation to analyse the impacts of contingent taxes on mining projects," in *Project Evaluation Conference*. Melbourne: Curran Associates, Inc., hal. 127–137.
- Wijaya, K. G., Idrus, A. dan Sasongko, W. (2012) "Analisis break even stripping ratio dan desain pit tambang batubara PT.X," in *Proceeding PIT IAGI Annual Convention and Exhibition, The 41st IAGI Annual Convention and Exhibition*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, hal. 485–489.