

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang menempati peringkat pertama dengan cadangan dan aktivitas pertambangan nikel dengan jumlah cadangan nikel di Indonesia sebesar 52% dari cadangan nikel dunia (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2020). Pada tahun 2021, Indonesia berkontribusi terhadap 37,04% total produksi nikel dunia dengan menghasilkan satu juta metrik ton (*United States Geological Survey*, 2022) dan terdapat lima lokasi persebaran nikel yang berkontribusi tinggi terhadap volume ekspor bijih nikel nasional. Lokasi persebaran nikel di Indonesia tersebut dapat ditemukan di Pulau Sulawesi, Kepulauan Maluku dan Halmahera, Papua, serta di Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan (Kurniadi dkk., 2018; Radhica dkk., 2023). Berdasarkan laporan yang dipublikasikan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral dalam buku yang berjudul *Peluang Investasi Nikel Indonesia tahun 2020*, Indonesia memiliki total cadangan nikel sebesar 72 juta ton atau setara dengan 52% dari total cadangan nikel dunia. Sementara itu, berdasarkan data *United States Geological Survey* tahun 2022, cadangan nikel Indonesia mencapai 44% dari total cadangan nikel dunia, dengan jumlah produksi tambang nikel mencapai 31% dari total produksi nikel dunia. Investasi dalam proyek pertambangan memiliki daya tarik karena usaha tambang nikel memiliki potensi yang besar, cadangan nikel yang tinggi, harga nikel yang menguntungkan dan banyaknya permintaan (Yusuf dkk., 2023).

Investasi pada proyek pertambangan melibatkan risiko dan kompleksitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis investasi lainnya. Pertambangan adalah bisnis yang berisiko karena banyak ketidakpastian dari aspek geologi, teknis, ekonomi, lingkungan, dan sosial. Pada aspek ekonomi, sumber ketidakpastian berasal dari harga komoditas, nilai tukar, inflasi, biaya operasi, dan lain-lain. Risiko yang sama juga dialami oleh produsen nikel, dimana semua risiko yang relevan harus diakomodir dalam mengestimasi nilai keekonomian cadangan mineral karena nilai cadangan mineral tersebut penting dalam melakukan investasi kegiatan

pertambangan. Risiko tersebut berperan dalam menentukan hasil dari suatu investasi. Banyak faktor yang membantu investor dalam mengambil keputusan investasi yang tepat. Valuasi proyek pertambangan bergantung pada berbagai faktor seperti harga bijih dunia, biaya operasi, dan sebagainya (Basiri *et al.*, 2013).

Terkait dengan valuasi investasi, masih banyak perusahaan tambang nikel yang belum mempertimbangkan ketidakpastian harga komoditas dalam penilaian keekonomian cadangan mineral. Pada analisis *Discounted Cash Flow* (DCF) yang sering digunakan untuk penilaian ekonomi, ketidakpastian harga komoditas sulit untuk diakomodir karena pendekatan valuasinya lebih statis. Metode DCF menghasilkan *Net Present Value* (NPV) dan *Internal Rate of Return* (IRR) dari arus kas yang disusun berdasarkan harga komoditas yang konstan meskipun fluktuasi harga bisa saja besar. Akibatnya, nilai ekonomis dari cadangan mineral terkadang menjadi *undervalued* (Fontes *et al.*, 2020).

Sektor pertambangan memerlukan modal yang besar dan membutuhkan waktu yang lama untuk pengembaliannya, sehingga diperlukan perhitungan yang akurat untuk memvaluasi investasi pada industri tersebut, sehingga untuk mengatasi kelemahan dari metode *Discounted Cash Flow* (DCF) maka diperkenalkan sebuah metode *Real Option Valuation* (ROV). Metode ROV dikembangkan untuk menilai proyek pertambangan dengan mengakomodasi fluktuasi harga komoditas. ROV menggunakan teori opsi yang biasanya digunakan untuk aset finansial (seperti saham dan obligasi) untuk mengevaluasi aset fisik atau aset riil. Kelebihan dari *real option valuation* adalah menyediakan cara untuk riset pada proyek berupa keuntungan di masa depan. *Real option* telah menggabungkan unsur manajemen fleksibilitas dalam mengatasi adanya ketidakpastian di masa depan (Hand and Thomas, 2009).

Real option valuation dapat dihitung dengan beberapa model yaitu dengan menggunakan *binomial tree lattice*, *trinomial tree lattice*, *quadrinomial tree lattice*, dan *multinomial tree lattice*. Namun, metode umum yang paling banyak digunakan dalam industri tambang adalah *binomial tree lattice* (Mun, 2002). Model *binomial tree lattice* menggambarkan perubahan harga aset dalam dua skenario yang mungkin terjadi pada setiap periode, yaitu kenaikan harga aset atau penurunan harga aset (Husin, 2020). Namun penentuan harga opsi menggunakan model

binomial tree lattice dianggap memiliki beberapa kelemahan karena dinilai kurang fleksibel terhadap keadaan sebenarnya karena pada kenyataannya terdapat berbagai kemungkinan skenario pergerakan harga aset. Sebagai contoh, jika terdapat perbedaan antara harga aset naik atau harga aset turun dan ada kemungkinan harga aset tetap (Sari dkk., 2016). Model *trinomial tree lattice* memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan dengan *binomial tree lattice* karena mempertimbangkan lebih banyak titik kemungkinan pergerakan harga aset, yaitu harga aset naik, harga aset turun dan harga aset tetap (Jumana and Hossain, 2021). Meskipun *trinomial tree lattice* bisa lebih akurat, *binomial tree lattice* sering kali memberikan hasil yang cukup baik dengan lebih sedikit kompleksitas. Jika hasil *binomial tree lattice* dan *trinomial tree lattice* sangat berbeda, ini mungkin menunjukkan bahwa model atau asumsi yang digunakan perlu ditinjau lebih lanjut. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk memahami mengenai *real option valuation* dengan menggunakan model *binomial tree lattice* dan *trinomial tree lattice* dalam proyek pertambangan nikel di Indonesia dengan memberikan pemahaman yang lebih lengkap dan membantu dalam membuat keputusan investasi yang lebih baik.

1.2 Rumusan Masalah

Fluktuasi harga nikel yang cenderung tidak terduga menjadi salah satu faktor yang sering dihadapi dalam industri pertambangan. Metode valuasi yang selama ini digunakan adalah metode DCF yang tidak mempertimbangkan ketidakpastian yaitu fluktuasi harga nikel, sehingga dibutuhkan metode ROV untuk mengambil keputusan dalam menentukan kelayakan investasi proyek penambangan nikel. Adapun rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana nilai opsi proyek pertambangan dengan model *binomial tree lattice*.
2. Bagaimana nilai opsi proyek pertambangan dengan model *trinomial tree lattice*.
3. Bagaimana nilai *option to delay* dari model *binomial tree lattice* dan *trinomial tree lattice*.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini antara lain:

1. Menganalisis nilai opsi proyek pertambangan dengan model *binomial tree lattice*.
2. Menganalisis nilai opsi proyek pertambangan dengan model *trinomial tree lattice*.
3. Menganalisis nilai *option to delay* dari model *binomial tree lattice* dan *trinomial tree lattice*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diharapkan dari hasil penelitian ini adalah pengembangan pemahaman wawasan dan pengetahuan mengenai investasi tambang menggunakan metode *real option valuation*, sehingga menghasilkan pengambilan keputusan yang lebih baik dan penilaian yang lebih akurat dengan mempertimbangkan nilai fleksibilitas dan ketidakpastian faktor ekonomi.

1.5 Ruang Lingkup

Untuk memusatkan perhatian pada permasalahan spesifik yang dibahas dalam suatu penelitian, perlu ditetapkan ruang lingkup penelitian. Dalam konteks penilaian *real option valuation* pada pertambangan nikel, ruang lingkup penelitian mencakup hal-hal sebagai berikut:

1. Data ekonomi seperti harga nikel diperoleh dari publikasi *London Metal Exchange* (LME), Bank Indonesia, dan data ekonomi yang diolah sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku di Indonesia.
2. Acuan biaya pada aliran kas berdasarkan perhitungan peneliti dan perundang-undangan yang berlaku di Indonesia seperti Kepmen ESDM dan persentase depleksi nikel, royalti nikel, dan pajak.
3. Analisis investasi menggunakan data yang diperoleh dari salah satu tambang nikel di Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Permintaan dan Penawaran Nikel

Nikel adalah unsur logam yang paling secara alami terbentuk dan paling banyak ditemukan pada kerak bumi (Lintjewas dkk., 2019). Nikel merupakan salah satu logam yang sangat dibutuhkan oleh banyak industri, seperti konstruksi, petrokimia, mobil, fabrikasi dan pengelasan, transportasi, elektronik, sektor air, dan juga dalam teknologi rendah karbon (Habib, 2020; Elshkaki *and* Graedel, 2013). Indonesia menjadi salah satu produsen nikel terbesar di dunia dengan market konsumen meliputi beberapa negara yaitu Cina, Amerika dan Jepang (Panova *et al.*, 2021). Hal tersebut untuk memenuhi kebutuhan produksi *stainless steel* dimana 70% nikel dunia masih didominasi oleh produksi nikel (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2020). Selain itu, sumber daya alam nikel juga banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan baterai litium yang banyak digunakan untuk kendaraan listrik (Sunariyanto dan Yusgiantoro, 2021).

Nikel merupakan salah satu sumber daya alam yang langka sehingga banyak negara-negara yang membutuhkan sumber daya nikel harus mengimpor dari negara-negara penghasil nikel. Permintaan nikel terus meningkat dalam beberapa dekade terakhir dengan tingkat pertumbuhan produksi tahunan sebesar 3,1% (Henckens *and* Worrell, 2020) dan diperkirakan akan terus meningkat secara signifikan di masa mendatang (Elshkaki *et al.*, 2019).

Farrokhpay *et al.*, (2019) mengemukakan bahwa Nikel merupakan logam penting yang berasal dari sulfida dan laterit secara global dengan konsumsi sekitar dua juta ton per tahun. Nikel memiliki nilai guna yang tinggi dan jumlah penggunaan yang besar, sehingga permintaan nikel di pasar internasional terus meningkat. Ketersediaan nikel yang terbatas mengharuskan perdagangan internasional antar berbagai negara. Indonesia dalam hal ini berperan sebagai produsen dengan mengekspor nikel ke berbagai negara. Hal ini menggambarkan bahwa Indonesia dapat dikatakan sebagai negara dengan sistem ekonomi terbuka, yang ditandai oleh hubungan internasional yang terbentuk melalui transaksi perdagangan dengan negara lain (Mardiana *et al.*, 2021). Terciptanya perdagangan

bebas akan menawarkan keuntungan substantial dan peran yang besar dalam peningkatan ekonomi suatu negara, terutama untuk negara berkembang seperti Indonesia yang memiliki sumber daya alam yang melimpah (Rahayu dan Sugianto, 2020).

Penawaran dan permintaan nikel memainkan peran krusial dalam menentukan kelayakan dan strategi investasi disektor pertambangan. Faktor-faktor seperti percepatan industrialisasi, peningkatan jumlah penduduk, dan pertumbuhan ekonomi memungkinkan fluktuasi permintaan untuk komoditas ini meningkat pesat di negara berkembang. Oleh karena itu, daerah-daerah tersebut berpotensi mengalami peningkatan konsumsi material yang memberikan pengaruh secara signifikan pada harga dan profitabilitas nikel (Nakajima *et al.*, 2018; Van Vuuren *et al.*, 1999). Sebagai pemilik cadangan nikel terbesar, Indonesia seharusnya dapat menentukan komoditas ekspor mana yang paling menguntungkan. Selain itu, mengetahui bahwa keunggulan kompetitif sangat penting untuk menentukan arah masa depan suatu negara dengan memahami hubungan antara penawaran dan permintaan sangat penting untuk analisis investasi tambang nikel karena dapat memberikan wawasan tentang risiko dan peluang saat ini, serta membantu dalam pengambilan keputusan investasi yang lebih cerdas dan berbasis data (Hanafi *et al.*, 2019).

2.2 Analisis Investasi

Investasi pada proyek pertambangan melibatkan risiko dan kompleksitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis investasi lainnya. Kompleksitas proyek pertambangan terletak pada ketidakpastian yang tinggi terkait profitabilitas masa depan. Fluktuasi harga komoditas dan biaya operasi yang dinamis, serta faktor eksternal lainnya, menjadi tantangan utama dalam pengambilan keputusan investasi. Keterlambatan antara langkah pengambilan keputusan dan prosedur investasi semakin memperumit proses ini. Ada berbagai faktor yang membantu investor untuk memiliki pengambilan keputusan investasi yang tepat. Evaluasi proyek pertambangan memerlukan analisis yang komprehensif terhadap berbagai variabel, harga pasar komoditas, biaya operasi, dan kondisi pasar secara keseluruhan (Basiri *et al.*, 2013).

Investasi adalah komitmen pada saat ini dan juga ekspektasi keuntungan atau manfaat dari komitmen tersebut di masa depan dengan risiko yang selalu terlibat sehubungan dengan pengembalian dan jumlah pokok yang diinvestasikan (Davis and Peter, 2020). Jika semua pendapatan digunakan maka tidak ada sisa yang dapat diinvestasikan. Agar dapat melakukan investasi, diperlukan penundaan untuk sebagian transaksi. Penundaan konsumsi tersebut menunjukkan komitmen pendanaan (*commitment of funds*) yang dialokasikan untuk melakukan investasi. Investasi merupakan alokasi sumber daya atau beberapa aset yang memiliki potensi produktif. Produktif ini merujuk pada upaya untuk mendapatkan imbal hasil yang lebih tinggi dari biaya modal yang diinvestasikan. Jenis investasi yang ditawarkan tidak hanya satu jenis, tetapi banyak jenis investasi yang ditawarkan beragam. Jenis-jenis investasi ini dapat memberikan opsi bagi investor untuk melakukan investasi yang mereka inginkan. Investasi secara umum dibedakan menjadi dua kategori yaitu (Habiburrahman, 2015):

1. Investasi aset keuangan

Investasi aset keuangan atau *financial assets* dibagi menjadi dua pasar, yaitu pasar uang dan pasar modal. Jenis investasi di pasar uang antara lain surat berharga, sertifikat deposito, surat berharga pasar uang dan jenis investasi lainnya. Sedangkan investasi di pasar modal berupa saham, obligasi dan lainnya.

2. Investasi aset riil

Investasi aset riil atau *real assets* adalah suatu investasi berupa pembelian aset-aset fisik yang bersifat produktif seperti bangunan, mesin, peralatan, tanah, dan sejenisnya. Dalam sektor pertambangan, investasi seringkali berupa deposit bahan tambang dan modal.

Hal yang sangat penting untuk dilakukan saat berinvestasi adalah menganalisis investasi. Analisis investasi merupakan langkah strategis yang krusial dalam pengambilan keputusan investasi yang dilakukan untuk mengevaluasi potensi keuntungan (*profitability*) dari suatu investasi. Melalui analisis investasi, seorang investor akan mengevaluasi secara komprehensif potensi keuntungan yang diperoleh dari suatu investasi serta memproyeksikan dengan jelas mengenai prospek investasi di masa mendatang. Hasil analisis investasi menjadi dasar yang

kuat bagi investor dalam membuat keputusan investasi yang rasional sehingga investor tidak mengalami kerugian (Afaz dan Gusman, 2020).

Valuasi tersebut menjadi hal yang penting karena dapat digunakan sebagai acuan bagi investor dalam pengambilan keputusan untuk membeli suatu saham atau tidak, keputusan tersebut dapat membuat investor mendapatkan keuntungan berupa *capital gain* atau dividen atau sebaliknya, mengalami kerugian karena turunnya harga saham yang dibelinya (Bodie, 2009). Valuasi ekonomi adalah suatu kegiatan ekonomi yang bertujuan untuk memberikan nilai kuantitatif pada barang dan jasa yang dihasilkan oleh sumber daya alam dan lingkungan. Valuasi ekonomi dilakukan berdasarkan nilai pasar (*market value*) atau nilai non-pasar (*nonmarket value*). Valuasi ekonomi sumber daya adalah alat ekonomi (*economic tool*) yang menggunakan teknik penilaian khusus untuk mengestimasi nilai finansial dari barang dan jasa yang berasal dari sumber daya alam dan lingkungan. Penerapan konsep valuasi ekonomi memungkinkan para pengambil keputusan untuk mengambil keputusan yang efektif dan efisien dalam penggunaan sumber daya alam dan lingkungan. Hal ini karena penerapan valuasi ekonomi menghubungkan antara konservasi sumber daya alam dengan pertumbuhan ekonomi (Hasibuan, 2014).

Valuasi ekonomi terhadap manfaat dan dampak dari pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan sangat penting dilakukan untuk pengambilan kebijakan dan analisis ekonomi. Pada valuasi ekonomi sumber daya alam dan lingkungan, manfaat serta dampak faktor yang perlu dipertimbangkan yaitu determinasi manfaat, dampak fisik dan valuasinya dalam aspek moneter. Penilaian manfaat dan dampak secara moneter harus berdasarkan pada penilaian yang akurat terhadap manfaat, dampak fisik dan keterkaitannya, karena dampak-dampak tersebut dapat mengakibatkan perubahan dalam produktivitas dan kualitas lingkungan. Para pakar ekonomi telah mengembangkan metode valuasi untuk menentukan nilai pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan, terutama untuk barang atau jasa yang tidak memiliki nilai pasar (Fitri, 2017).

Valuasi merupakan alat yang penting dalam menganalisis nilai sebenarnya suatu perusahaan yang merupakan landasan analisis fundamental. Terdapat tiga

pendekatan dalam melakukan valuasi dengan penjabaran sebagai berikut (Damodaran, 2002):

1. *Discounted cash flow (DCF) valuation* menghubungkan antara nilai aset dengan *present value (PV)* dari arus kas masa depan yang diekspektasikan dari aset tersebut.
2. *Relative valuation* mengestimasi nilai aset melalui perbandingan beberapa aset yang terkait kepada *common variable*, seperti pendapatan, *cash flows*, *book value*, dan penjualan.
3. *Contingent claim valuation* menggunakan *option pricing models* untuk menghitung nilai aset yang memiliki karakteristik yang sama.

2.3 Analisis Discounted Cash Flow

Aliran kas pemasukan dan pengeluaran dana yang terjadi selama periode operasi pertambangan disebut dengan *cash flow* atau aliran kas (Stermole and Stermole, 2000). Analisis *cash flow* merupakan hal yang diperlukan untuk mengidentifikasi potensi pendapatan saat ini dan di masa yang akan datang dalam operasi pertambangan. Ketika melakukan analisis *cash flow* yang memperhitungkan nilai waktu dari uang, maka dikenal sebagai *discounted cash flow (DCF)*. Analisis DCF merupakan metode evaluasi proyek yang mempertimbangkan pendapatan atau keuntungan yang timbul akibat pengeluaran dan atau investasi, dengan memperhitungkan nilai waktu dari uang dan *interest rate* dalam evaluasi sebuah proyek. Pendekatan yang dilakukan dengan metode DFC adalah dengan menggunakan satu *discount factor* (i) yang merupakan perpaduan antara faktor risiko atas ketidakpastian dan waktu, dimana *discount factor* ini yang akan digunakan dalam menghitung *net present value (NPV)* dan *internal rate of return (IRR)* dari arus kas suatu proyek (Isniarno dkk., 2021).

Model arus kas terdiskonto (model DCF) adalah sejenis model keuangan yang menggunakan peramalan dan pendiskontoan arus kas untuk mengetahui nilai perusahaan saat ini dan sekarang. DCF unik karena digunakan secara luas baik di bidang akademik maupun praktik klinis. Bankir investasi, firma ekuitas swasta, organisasi riset ekuitas, dan investor "pembeli" memanfaatkan DCF untuk mengevaluasi nilai perusahaan. Model DCF sering digunakan dalam penelitian

keuangan untuk menghitung nilai intrinsik perusahaan (nilai berdasarkan kapasitasnya untuk menciptakan arus kas) dan membandingkannya dengan nilai pasarnya. Sebaliknya, bergantung pada penawaran dan permintaan acak untuk saham perusahaan, seperti dalam metodologi penilaian berbasis pasar seperti analisis perusahaan serupa, model DCF menyatakan bahwa nilai perusahaan ditentukan oleh dinamika internalnya. Sebaliknya, nilai perusahaan ditentukan oleh kapasitasnya untuk menciptakan arus kas bagi pemiliknya dalam waktu dekat (Ashok, 2021).

Metode DCF merupakan pendekatan konvensional untuk melakukan penilaian proyek dengan menggunakan *Net Present Value* (NPV) sebagai parameter evaluasinya. Metode ini mengevaluasi proyek dengan mengasumsikan bahwa hanya ada satu harga jual yang digunakan dan tidak ada investasi ulang selama umur proyek. Adapun nilai NPV dihitung berdasarkan hasil diskonto arus kas dengan biaya-biaya yang timbul dari penggunaan sumber dana atau disebut *cost of capital* yang dinyatakan dalam persen. Penilaian ini sedang menjadi perbincangan umum terkait keunggulan dan kelemahan dari metode DCF saat ini. Mereka yang terlibat dalam pendekatan DCF seringkali akan merujuk pada proses pendiskontoan dalam penilaian perusahaan (Mun, 2006):

1. Surplus pembayaran masa depan
2. Pertimbangan pajak
3. Biaya modal yang sesuai.

Metode DCF menghubungkan aset dengan nilai sekarang dari arus kas masa depan yang diharapkan. Model DCF ditemukan oleh Wiese (1930) yang mengatakan bahwa harga aset sekuritas, baik itu saham atau obligasi merupakan penjumlahan dari seluruh pendapatan yang akan diterima di masa yang akan datang dengan mendiskontokan suku bunga saat ini untuk mendapatkan nilai sekarang (Hakiman, 2005; Damodaran, 2002).

Hasil dari proses ini memberikan penjelasan yang lebih baik tentang fakta bahwa uang yang akan diterima atau dibayarkan di masa depan memiliki nilai yang lebih rendah saat ini daripada dengan jumlah yang diterima atau dibayarkan saat ini. Penggunaan model DCF telah diterima secara luas dikalangan penilai investasi. Oleh karena itu, Perrakis (1991) mengakui bahwa metode DCF merupakan metode

fundamental yang paling banyak digunakan dalam penilaian bisnis. Metode ini membantu investor dalam menentukan kelayakan investasi yang diusulkan dengan memperkirakan nilai sekarang dari arus kas masa depan yang diharapkan dengan menggunakan tingkat diskonto. Analisis DCF menawarkan investor sebuah *platform* dimana peluang investasi yang memungkinkan dibanding dengan pandangan untuk menentukan opsi yang paling layak sehingga memandu keputusan investor dalam membuat pilihan. Vo dan Marks (2018) menggambarkan analisis DCF sebagai metode pemodelan keuangan yang mendorong investor dalam menentukan apakah melakukan pembelian besar adalah investasi jangka panjang yang baik dengan menganalisis bagaimana seseorang dapat membelanjakan investasi sekarang untuk mendapatkan pengembalian yang diinginkan di masa depan (Awa *et al*, 2020).

Nilai setiap aset yang menghasilkan arus kas adalah nilai sekarang dari *cash flow* (arus kas) yang diharapkan dari aset tersebut. Sama seperti model penilaian arus kas yang didiskontokan, seperti model diskon dividen yang dapat digunakan untuk menilai aset keuangan. Model tersebut juga dapat digunakan untuk menilai investasi yang menghasilkan arus kas. Untuk menggunakan penilaian arus kas yang didiskontokan dalam menilai investasi maka perlu dilakukan (Aswath, 2012):

1. Estimasi *discount rate*
2. Estimasi *cash flow*
3. Estimasi NPV

Setelah tingkat diskonto dipilih dan arus kas diperkirakan, nilai aset yang menghasilkan pendapatan dapat diperkirakan baik secara keseluruhan (dengan mendiskontokan arus kas perusahaan pada biaya modal rata-rata tertimbang) (Aswath, 2012).

2.3.1 Net Present Value (NPV)

Indikator yang paling sering digunakan oleh perusahaan-perusahaan untuk mengevaluasi kelayakan suatu proyek *net present value* (NPV). NPV merupakan salah satu metode untuk mengevaluasi proyek pertambangan. Metode ini digunakan untuk melengkapi kekurangan yang ada dalam metode *payback period* karena dalam metode ini telah mempertimbangkan *time value of money* (Ross *et al.*, 2010).

Evaluasi NPV memiliki keuntungan karena relatif mudah untuk dijelaskan dan dipahami, memiliki kriteria keputusan yang jelas dan konsisten, mengandalkan data kuantitatif, dan memperhitungkan nilai waktu dari uang. Manfaat lain dari NPV adalah memungkinkan perbandingan investasi yang melibatkan biaya dan pengembalian yang tidak merata dari waktu ke waktu (Regan *et al.*, 2015).

NPV merupakan sejumlah uang pada saat sekarang ($r = 0$) nilainya sama dengan sejumlah urutan arus kas di masa depan yang didiskontokan dengan tingkat suku bunga tertentu. Secara sederhana, teknik ini memperhitungkan nilai waktu dari uang dan memberikan perhitungan jumlah uang pada saat ini yang nilainya setara dengan serangkaian arus kas di masa depan (Gentry and O'Neil, 1984).

Perhitungan nilai sekarang (*present value*) sering digunakan untuk menentukan nilai sekarang dari aset yang menghasilkan pendapatan, seperti operasi pertambangan yang ada. Apabila arus kas tahunan di masa depan dapat diestimasi, maka dengan menentukan tingkat suku bunga yang sesuai, nilai sekarang dari aset tersebut dapat diperhitungkan. *Present value* yang telah dihitung harus memberikan estimasi yang tepat atas harga di mana aset tersebut dapat dibeli atau dijual (Gentry and O'Neil, 1984).

Pada kasus yang lebih umum dalam mengevaluasi proposal investasi, pihak yang bersangkutan tertarik untuk menentukan selisih antara arus kas keluar dan arus kas masuk yang terkait dengan proposal tersebut berdasarkan nilai sekarang. Metode perhitungan ini disebut sebagai metode nilai sekarang bersih (NPV) dan hanya merupakan selisih antara jumlah nilai sekarang dari semua arus kas masuk dan jumlah nilai sekarang dari semua arus kas keluar (Gentry and O'Neil, 1984).

Selama umur proyek pada tingkat bunga tertentu yang digunakan dalam perhitungan, serta sejumlah surplus. Dengan kata lain, investasi tersebut memberikan keuntungan yang lebih besar dari tingkat suku bunga yang digunakan dalam perhitungan. Jika tingkat bunga yang digunakan dalam perhitungan merupakan tingkat pengembalian yang diharapkan investor, maka proyek yang memiliki NPV positif akan meningkatkan keuntungan perusahaan. Sebaliknya, proyek yang menghasilkan NPV negatif pada tingkat diskonto yang disyaratkan harus ditolak karena kemungkinan akan mengakibatkan kerugian bagi perusahaan (Gentry and O'Neil, 1984).

Pada metode ini, hal awal yang dilakukan adalah menghitung nilai sekarang dari kumulatif arus kas masuk bersih (*cash inflow*) yang diharapkan di masa mendatang dan nilai uang sekarang dari arus kas keluar (*cash outflow*). Perhitungan ini didasarkan pada biaya modal (*cost of capital*) dari proyek atau *discount rate* tertentu yang diinginkan. NPV kemudian ditentukan dengan mengurangi biaya investasi yang dikeluarkan untuk mendanai proyek dengan jumlah nilai uang sekarang (*present value*) dengan nilai investasi yang dikeluarkan untuk mendanai proyek (Ross *et al.*, 2010). Nilai NPV dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan 1.**

$$NPV = \sum_{t=1}^n \left(\frac{C_t}{(1+r)^t} - C_0 \right) \quad (1)$$

Keterangan:

C_t = Aliran kas proyek

r = Nilai *discount rate*

n = Umur tambang

C_0 = Biaya Investasi

Adapun makna dari perhitungan NPV terhadap pengambilan keputusan investasi yang akan dilakukan (Sidauruk, 2018):

- a. $NPV > 0$, yaitu berarti proyek ekonomis untuk dilaksanakan atau pengajuan investasi dapat diterima atau berarti investasi yang akan dilakukan pada akhirnya dapat meningkatkan nilai perusahaan.
- b. $NPV < 0$, yaitu berarti proyek tidak layak untuk dilaksanakan sebab tidak ekonomis atau usulan investasi pada proyek tersebut ditolak atau dapat dikatakan investasi tersebut akan menurunkan nilai perusahaan.
- c. $NPV = 0$, yaitu berarti proyek dapat dilaksanakan atau tidak atau investasi yang akan dilakukan pada akhirnya tidak akan mengubah nilai perusahaan tersebut.

2.3.2 Kelebihan dan Kelemahan *Discounted Cash Flow*

Pendekatan DCF dalam penerapannya memiliki kelebihan dan kekurangan yang mempengaruhi perkembangan dalam bidang valuasi dalam dunia keuangan, salah satunya adalah analisis *real options* yang merupakan penyempurnaan dari metode DCF (Mun, 2006).

A. Kelebihan *discounted cash flow* (Mun, 2006):

1. Kriteria keputusan yang jelas serta konsisten dalam memberikan pendekatan yang jelas dan seragam (*decision criteria*) untuk mengevaluasi seluruh proyek.
 2. Memasukkan faktor *time value of money* dan struktur risiko yang sudah terkandung didalamnya.
 3. Metode ini relative lebih mudah dijelaskan dan dipahami oleh manajemen.
- B. Kekurangan *discounted cash flow* (Mun, 2006):
1. Metode ini sulit memperhitungkan ketidakpastian di masa depan sehingga membuat hasil metode DCF yang statis menjadi kurang dinamis.
 2. Proyek-proyek yang dinilai menggunakan pendekatan DCF bersifat pasif dengan mengabaikan kebutuhan untuk pemantauan dan pengendalian rutin melalui *project life cycle*.
 3. Pendekatan ini mengasumsikan bahwa seluruh tingkat risiko sudah diwakilkan oleh faktor *discounted rate*, sementara tingkat risiko tersebut dapat berubah tiap waktu.
 4. Metode DCF mengasumsikan *cash flow* di masa depan dapat diramalkan dengan tepat, padahal sangat sulit untuk melakukan estimasi *cash flow* dimana depan karena sangat berisiko.

DCF membandingkan proyek dengan investasi tanpa risiko yang sebenarnya, terutama dalam industri pertambangan yang memiliki risiko khusus seperti perubahan harga jual. Metode *discounted cash flow* tidak mempertimbangkan perubahan harga jual di masa mendatang, yang merupakan kelemahan mendasar dalam sektor pertambangan yang mengakibatkan hasil evaluasi yang kurang akurat.

2.4 Analisis Real Option Valuation

Industri pertambangan merupakan sektor yang intensif modal, dengan siklus proyek yang panjang dan tingkat risiko yang tinggi dalam pengembalian investasinya sehingga karakteristik tersebut merupakan faktor yang menyebabkan industri pertambangan memiliki potensi pengembalian investasi yang menguntungkan dibandingkan dengan industri lain. Industri pertambangan sering menghadapi resiko tinggi karena kombinasi dari beberapa faktor yang tidak dapat ditentukan nilainya secara pasti dari awal, seperti harga jual logam nikel.

Akibatnya, evaluasi risiko merupakan langkah yang krusial dalam membuat keputusan investasi di industri pertambangan. Investor dapat mengidentifikasi dan mengukur potensi kerugian yang akan muncul melalui analisis risiko yang komprehensif, sehingga investor dapat membuat strategi mitigasi yang efektif untuk mengurangi risiko (Zhang *and* Kleit, 2015).

Metodologi *Real Option Valuation* (ROV) adalah suatu metode sistematis dan solusi terintegrasi yang memadukan berbagai disiplin ilmu seperti teori finansial, teori keputusan, statistik, ilmu manajemen, analisis ekonomi, pemodelan ekonomi serta teori opsi dalam melakukan evaluasi terhadap *nonfinancial asset*. Dalam dunia bisnis yang dinamis dan tidak pasti, keputusan bisnis dapat bersifat fleksibel atau dapat disesuaikan dalam pengambilan keputusan investasi strategis, menilai kesempatan investasi dan pembiayaan modal (Mun, 2006). *Real option valuation* diperkenalkan untuk melengkapi informasi yang diberikan oleh *cash flow* yang disajikan oleh proyek investasi. Pendekatan ROV menawarkan peningkatan signifikan dari metode perhitungan NPV dengan DCF dengan memasukkan nilai penting dari fleksibilitas dalam analisis investasi sehingga menambah wawasan lebih mendalam terhadap intuisi strategi dan analisis yang berkaitan dengan ketidakpastian. Lebih jauh lagi metode penilaian dengan ROV berfokus pada data keadaan finansial pasar dan *framework* yang digunakan sangat berhubungan dengan keadaan nyata di dunia bisnis sehingga memberikan valuasi peluang investasi yang lebih realistis dan mendalam (Amran dan Kulatilaka, 1999). Penggunaa *real option valuation* dapat memperluas kemampuan untuk membuat penilaian proyek investasi dan analisis fleksibilitas yang dapat diandalkan dengan memasukkan beberapa aspek yang bersifat strategis karena nilai opsi mewakili kemampuan pengambil keputusan untuk beradaptasi dengan skenario yang berubah seiring dengan kemajuan proyek dan informasi baru yang tersedia (Rambaud *and* Perez, 2016).

Real option valuation adalah metode yang menerapkan prinsip-prinsip penilaian opsi untuk membantu dalam menentukan keputusan investasi. ROV sangat berharga dalam situasi dengan ketidakpastian yang signifikan, seperti potensi fluktuasi harga komoditas seperti nikel, karena memungkinkan strategi investasi yang lebih fleksibel dan adaptif. Nilai fleksibilitas suatu proyek investasi

pada dasarnya adalah kumpulan ROV yang dapat dinilai dengan teknik estimasi opsi finansial. Pada dasarnya, ada tiga jenis opsi utama yang terkait dengan proyek investasi yaitu:

1. Opsi untuk menunda (*option to postpone or delay*)
2. Opsi untuk memperluas (*option to expand*)
3. Opsi untuk meninggalkan (*option to abandon*)

Opsi untuk memperluas dan opsi untuk menunda (*option to expand and option to delay*) dinilai sebagai opsi panggilan sedangkan opsi untuk meninggalkan (*option to abandon*) dinilai sebagai opsi jual (Kumar, 2016). Industri pertambangan, yang ditandai dengan volatilitas yang tinggi pada beberapa faktor seperti nilai tukar mata uang dan permintaan komoditas, sangat diuntungkan oleh fleksibilitas yang dihadirkan oleh *real option valuation* (ROV). ROV memungkinkan perusahaan untuk menyesuaikan rencana investasi mereka dalam menghadapi perubahan pasar yang tidak dapat diperkirakan.

Kemunculan konsep *economic value of flexibility* yang semakin diakui telah mendorong evolusi dalam metode penilaian proyek investasi. Para pelaku industri kini beralih dari pendekatan tradisional *discounted cash flow* (DCF) menuju metode yang lebih dinamis, yaitu *real option valuation* (ROV). ROV diperlukan untuk mengatasi kelemahan metode DCF yang belum mencukupi dan pendekatannya terbatas atau bersifat statis dengan menggabungkan ketidakpastian dan strategi yang tepat disetiap tahap. Sehingga ROV dapat memberikan fleksibilitas lebih kepada manajemen dalam pengambilan keputusan. ROV bukanlah bagian yang terpisah dari DCF karena ROV adalah bagian dari penyesuaian nilai NPV untuk mengendalikan opsi (*optionality*) atau *expanded NPV* (Silitonga, 2015; Mun, 2006).

Secara sederhana, *real option valuation* adalah suatu pendekatan sistematis dan solusi terpadu dengan menggabungkan berbagai disiplin ilmu seperti teori keuangan, analisis ekonomi, ilmu manajemen, ilmu keputusan, statistik, dan pemodelan ekonometrik yang mengaplikasikan teori opsi keuangan pada valuasi aset fisik. Berbeda dengan aset keuangan, lingkungan bisnis yang selalu berubah dan tidak stabil memungkinkan perusahaan untuk membuat keputusan yang

fleksibel dalam hal investasi modal strategis, penilaian peluang investasi, dan belanja modal proyek (Mun, 2002):

Real option valuation adalah nilai dari peluang keputusan untuk membeli atau menjual proyek. Nilai ini bersifat spesifik bagi pengambil keputusan (yaitu investor) dan akan tergantung pada sikapnya terhadap risiko. ROV mewakili jumlah nilai tertentu, setelah dikurangi biaya pembiayaan yang harus diterima oleh pengambil keputusan untuk mendapatkan utilitas yang sama dengan investasi (berisiko) dalam proyek tersebut. Jadi, tidak seperti premi pada opsi keuangan, ROV tidak memiliki nilai akuntansi absolut. Dalam situasi ini, ROV hanya memungkinkan pemeringkatan subjektif atas peluang untuk berinvestasi diproyek-proyek alternatif (Alexander and Chen, 2021).

Real option valuation dapat mempengaruhi beberapa parameter proyek dan dapat muncul kapan saja. **Tabel 1** menunjukkan bagaimana setiap kelas *real option valuation* mempengaruhi nilai parameter tertentu (Rambaud and Perez, 2016).

Tabel 1 Parameter proyek dari *real option valuation* (Rambaud and Perez, 2016)

<i>Parameters</i>	<i>Related Real Option</i>
<i>Cash Flow</i>	<i>To expand or to reduce</i>
<i>Residual Value</i>	<i>To abandon</i>
<i>Duration</i>	<i>To defer</i>

Metode *real option valuation* memerlukan lima parameter utama yaitu (Husindkk., 2020):

1. Nilai aset dasar, yang merupakan representasi dari nilai sekarang bersih (NPV) ditambah dengan total investasi awal.
2. *Strike price* yang merepresentasikan biaya investasi awal yang harus dikeluarkan untuk memulai proyek.
3. Periode atau umur yang mendefinisikan durasi perencanaan dan pelaksanaan proyek.
4. Nilai volatilitas yang mengukur tingkat ketidakpastian atau fluktuasi harga komoditas di pasar.
5. Laju pengembalian tanpa risiko sebagai pembanding tingkat pengembalian yang ingin diperoleh atau *risk free rate*.

Ada beberapa metode ROV untuk menilai investasi di bawah ketidakpastian yang digunakan untuk penilaian opsi yang sebenarnya, karena metode-metode lain kurang lebih merupakan perluasannya. Metode-metode ROV yaitu DCF tradisional, *decision tree*, black scholes, *binomial option pricing*, monte carlo, datar Mathews, dan *fuzzy pay-off*.

2.4.1 Sejarah dan Perkembangan *Real Option Valuation*

Stewart Myers adalah orang yang pertama kali yang menggagas ide berbasis *real option* untuk menilai peluang di masa depan yang melekat pada proyek. Pada tahun 1977, beliau mempelajari potensi penggunaan penetapan harga opsi di bidang investasi properti *real estate*, dimana beliau memahami nilai tambah yang ditambahkan oleh fleksibilitas sebagai pembelajaran yang tertunda (Rozsa, 2016; Csapi, 2013). Pada tahun 1984, Myers juga menunjukkan bahwa metode penilaian tradisional yang didasarkan pada arus kas yang didiskontokan tidak dapat menangani proyek-proyek yang mencakup opsi produksi dan strategis. Oleh karena itu beliau mengusulkan penetapan harga opsi untuk digunakan untuk tujuan penilaian. Bidang penelitian ini memperoleh perhatian akademis yang signifikan selama tahun 1980an dan 1990an yang berpuncak pada banyaknya literatur yang mengeksplorasi dasar-dasar teoritis dan aplikasi praktis dari konsep tersebut (Rozsa, 2016).

Berawal dari pemikiran Myers, para ahli teori dan perusahaan berusaha mengungkapkan berbagai jenis *real option* dan mengidentifikasi model opsi yang paling dapat digunakan untuk evaluasi kasus *real option* individual. Kategorisasi yang paling umum adalah (Rozsa, 2016):

1. *Real option* yang terjadi secara alami yaitu opsi penangguhan (*deferment*), opsi untuk meninggalkan (*abandon*), opsi pertumbuhan (*growth*), opsi bertahap (*staged*) dan gabungan (*compound*) serta *real option* yang dapat digabungkan dengan biaya tambahan yaitu opsi modifikasi dan fleksibilitas.
2. Opsi produk yaitu opsi waktu (*timing*) dan opsi eksekusi (*execution*).
3. Opsi pembelajaran (*learning*).
4. *Real option* sepanjang dimensi waktu yaitu opsi penundaan (*delay*), pengabaian (*abandonment*) dan dimensi yang berhubungan dengan ukuran yaitu opsi pertumbuhan (*growth*), perubahan (*change*), perluasan

(*expansion*), penggabungan (*compound*), serta eksplorasi, *outsourcing*, dan *rainbow options*.

5. Fleksibilitas (sederhana, biasanya opsi waktu yang terkait dengan proyek tertentu, tanpa nilai strategis) dan strategis (umumnya opsi pertumbuhan dan gabungan yang dimiliki oleh beberapa proyek, membawa nilai strategis yang cukup besar dan mengarah pada proyek-proyek pencipta nilai baru.

Menurut Trigeorgis (1996) ada empat solusi bentuk tertutup yang dapat digunakan dalam analisis *real option* yaitu Black dan Scholes (1973), Margrabe (1978), Geske (1979) dan Carr (1988). Pada tahun 1973, Black dan Scholes (B-S) menyusun solusi bentuk tertutup pertama untuk penilaian opsi keuangan dan waran. Sebagian besar teknik penetapan harga opsi yang digunakan saat ini merupakan variasi dari solusi dan prosedur Black-Scholes. Solusi Black-Scholes digunakan dalam penilaian opsi penangguhan, pengabaian, dan pertumbuhan. Opsi untuk mengganti aset pembawa risiko yang tidak membayar dividen dengan aset lain dievaluasi oleh Margrabe pada tahun 1978. Satu-satunya perbedaan antara solusi Black-Scholes dan Margrabe adalah penanganan harga pelaksanaan. Pada model sebelumnya, harga pelaksanaan bersifat deterministik (ditentukan sebelumnya), sedangkan pada solusi Margrabe, harga pelaksanaan ditangani sebagai variabel stokastik. Solusi Margrabe juga digunakan dalam penilaian opsi penangguhan, pengabaian, dan pertumbuhan.

Di luar harga pelaksanaan deterministik, nama Geske dikaitkan dengan solusi untuk menilai opsi gabungan yang melibatkan ketidakpastian harga pelaksanaan yang lebih kompleks. Model Geske sering diterapkan dalam situasi dimana keputusan investasi dilakukan secara bertahap, seperti dalam proyek riset dan pengembangan atau investasi teknologi. Model ini memberikan kerangka kerja yang lebih fleksibel dibandingkan dengan model penilaian opsi tradisional. Investasi semacam ini sering ditemukan dalam kasus R&D dan keputusan teknologi (Perlitz *et al.*, 1999). Pada tahun 1988, Carr mendefinisikan solusinya untuk opsi majemuk dengan penerapan harga pelaksanaan stokastik. Solusi Carr dapat dideteksi pada aplikasi yang mirip dengan yang ada pada model Geske (Rozsa, 2016).

Haahtela (2012) merangkum berbagai pendekatan *real option valuation*. Sebagai alternatif solusi bentuk tertutup, dia menganalisis metode berbasis simulasi (Copeland and Howe, 2002). Alternatif lain disajikan oleh metode berbasis kisi dan pohon. Haahtela (2010) mendemonstrasikan salah satu contoh pendekatan kisi yang disempurnakan untuk penilaian *real option* yang menggabungkan kisi trinomial dengan volatilitas yang berubah-ubah. Terakhir, dia menekankan penerapan metode pembayaran fuzzy yang paling baru (Rozsa, 2016; Haahtela, 2012; Collan dkk., 2009).

2.4.2 Klasifikasi *Real Option Valuation*

Tabel 2 memberikan klasifikasi yang komprehensif terhadap berbagai jenis *real option valuation* berdasarkan dua dimensi utama, yaitu tingkat fleksibilitas yang dimiliki perusahaan dan tujuan strategis yang ingin dicapai. Klasifikasi ini mengidentifikasi tiga kategori utama: *growth options* yang berfokus pada pengembangan peluang bisnis baru, *learning options* yang diarahkan pada pengumpulan informasi pasar dan pelanggan, serta *insurance options* yang bertujuan untuk meminimalkan risiko (Csapi, 2019).

Tabel 2 Jenis-jenis <i>real option valuation</i> (Csapi, 2019)		
<i>Options</i>	<i>Timing Flexibility</i>	<i>Operational Flexibility</i>
<i>Growth</i>		(1) <i>Growth Options</i>
	(2) <i>Delay Options</i>	
<i>Learning</i>	(4) <i>Abandonment Options</i> (5) <i>Staging Options</i>	(3) <i>Pilot Options</i>
		(7) <i>Option to contract/expand (change size)</i>
<i>Insurance</i>	(6) <i>Switch down/on options</i>	(8) <i>Option to change input/outpour mix</i> (9) <i>Outsourcing options</i>

Menurut *real option valuation* untuk pertumbuhan (*growth*), investasi yang diberikan dapat menjadi pendahulu atau dasar untuk memulai rangkaian proyek yang saling berhubungan, sehingga membuka prospek pertumbuhan di masa depan (misalnya, implementasi proyek baru, proses baru; penetrasi pasar baru; penguatan kompetensi dasar). *Insurance options* memberikan kesempatan untuk merespons permintaan yang tidak menguntungkan atau perubahan harga bagi manajemen dalam bentuk penutupan, serta dan/atau adaptasi operasi. Berbeda dengan opsi

pertumbuhan (*growth*), *insurance real options* memberikan perlindungan bagi perusahaan terhadap potensi risiko kerugian dengan cara yang memungkinkan investor untuk menghindari penurunan *cash flow* (Copeland - Howe, 2002; Csapi, 2019).

Real option valuation untuk belajar memungkinkan keputusan investasi ditunda, ditinggalkan sehingga mengurangi risiko manajemen, membuat keputusan yang tidak dapat diubah, berdasarkan informasi yang tidak lengkap dan dengan demikian menderita konsekuensi yang tidak menguntungkan. Semakin tinggi ketidakpastian yang melingkupi keputusan, semakin banyak pihak yang lebih memilih untuk menunda pelaksanaan proyek, dan mempertahankan pilihan untuk melaksanakan proyek tersebut di masa depan karena kegiatan yang menentukan ketersediaan produksi atau produksi selanjutnya tidak dapat ditunda tanpa batas waktu, strategi penundaan sering kali berjalan seiring dengan tingkat berikutnya dalam menjalankan fleksibilitas manajemen, yaitu membagi keputusan ke dalam tahap-tahap yang berurutan (*staging real option*) (Csapi, 2019). *Real option valuation* sangat berguna pada penerapannya dalam beberapa hal berikut (Hand and Thomas, 2009):

1. Mengidentifikasi berbagai pola atau jalur investasi perusahaan atau proyek yang dijalankan dalam situasi bisnis yang tidak pasti.
2. Menilai setiap opsi strategi investasi, mengevaluasi kelayakan finansial dan potensi keuntungannya.
3. Memprioritaskan opsi investasi yang tersedia melalui proses evaluasi yang ketat yang menggabungkan faktor kualitatif dan kuantitatif.
4. Mengoptimalkan nilai keputusan investasi strategis dengan menilai berbagai opsi secara dinamis di berbagai skenario dan menggunakan teknik evaluasi berurutan untuk mencapai hasil yang optimal.
5. Menentukan waktu yang optimal untuk pelaksanaan investasi dan mengidentifikasi nilai ideal untuk variabel biaya dan pendapatan.
6. Mengatur dan mengembangkan opsi yang ada untuk menginformasikan keputusan strategis yang memaksimalkan manfaat di masa mendatang.

2.4.3 Parameter *Real Option Valuation*

Untuk menilai suatu opsi harus mengetahui terlebih dahulu nilai pasar dari opsi yang mendasarinya (*underlying asset*), harga pelaksanaan opsi (*exercise price*), tingkat bebas risiko (*risk free rate*), waktu yang ada (*time to expiration*), dan volatilitas dari opsi yang mendasarinya (Chance and Peterson, 2002):

1. Nilai pasar dari Aset yang Mendasari (*Market Value of the Underlying Asset*)

Nilai pasar yang mendasarinya adalah nilai proyek yang menjadi dasar aset sebenarnya. Biasanya, nilai ini diperkirakan berdasarkan analisis DCF. Perhitungan nilai DCF dari proyek semacam itu tidaklah mudah, analisisnya tidak akan menjadi lebih sulit jika melibatkan pilihan-pilihan nyata. Perusahaan secara rutin melakukan analisis NPV. Tingkat diskonto yang sesuai, umur proyek, dan seluruh arus kas mungkin sulit, masalah-masalah tersebut sudah ada jauh sebelum ada orang yang menyadari keberadaan opsi nyata, dan masalah tersebut muncul bahkan ketika opsi nyata tidak ada.

2. Volatilitas

Volatilitas dalam model penetapan harga opsi adalah salah satu variabel paling penting. Dalam penerapan penetapan harga opsi keuangan, umumnya variabel ini merupakan satu-satunya variable-variabel yang tidak dapat diamati. Oleh karena itu, alasan utama terjadinya kesalahan estimasi nilai opsi keuangan adalah karena perbedaan pendapat mengenai volatilitas. Selain itu, harga opsi hampir selalu sangat sensitif terhadap estimasi volatilitas. Oleh karena itu, mendapatkan perkiraan volatilitas yang baik sangatlah penting, yang lebih mudah diucapkan daripada dilakukan, terutama untuk *real option*.

3. *Exercise price*

Harga pelaksanaan dalam analisis *real option* adalah jumlah yang akan dibayarkan atau akan diterima jika *real option* dilaksanakan. Misalnya, dalam opsi untuk meninggalkan proyek, proyek dihentikan lebih awal jika jumlah yang dapat diterima untuk penghentian proyek lebih besar dari nilai pasar proyek tersebut. Namun jumlah yang dapat diterima untuk suatu proyek di masa depan mungkin cukup sulit untuk ditentukan. Pertimbangkan sebuah pabrik yang mungkin ingin ditinggalkan oleh perusahaan. Perusahaan harus menentukan harga pelaksanaan berdasarkan penilaian terhadap potensi nilai

pasar masa depan dari pabrik tersebut. Situasi seperti ini menimbulkan anggapan bahwa harga pelaksanaan, serta nilai pasar yang mendasarinya, dapat menjadi variabel itu sendiri. Penanganan situasi seperti ini rumit, teori penetapan harga opsi mencakup model-model yang dapat mengakomodasi kasus-kasus seperti itu.

4. *Time to Expiration On*

Hampir semua kontrak opsi keuangan memiliki waktu kedaluarsa yang jelas. Opsi gaya Amerika dapat dilaksanakan lebih awal meskipun opsi tersebut tidak dapat melampaui tanggal kedaluarsa yang ditentukan namun opsi nyata tidak secara jelas bersifat kontraktual. Hal ini melibatkan peluang informal yang masa berlakunya terkadang tidak jelas. Misalnya, suatu perusahaan mungkin mempunyai opsi untuk meninggalkan suatu proyek dan menerima nilai sisa, namun mungkin tidak jelas berapa lama perusahaan dapat mempertahankan proyek tersebut sebelum meninggalkannya untuk mengklaim nilai sisa dan mungkin tidak ada kepastian berapa lama suatu perusahaan dapat menunda suatu proyek dan masih dapat berinvestasi di dalamnya, sehingga menghasilkan arus kas yang semula diperkirakan dapat diperolehnya.

5. *Risk Free Rate*

Penilaian *real option* lolos dari masalah serius ketika menyangkut tingkat bebas risiko, beberapa isu kecil dibahas dalam literatur dari waktu ke waktu, secara umum memperoleh perkiraan tingkat suku bunga bebas risiko dapat diterima dengan memperkirakan tingkat suku bunga pada sekuritas. Nilai suatu opsi tidak terlalu sensitif terhadap estimasi tingkat bebas risiko.

2.4.4 Taxonomi Real Option Valuation

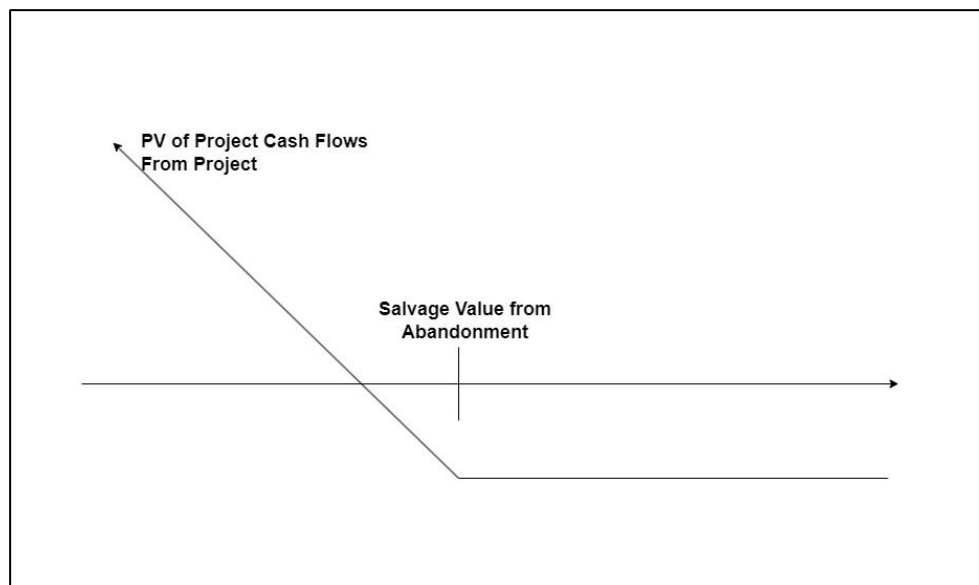
Real option valuation diklasifikasikan berdasarkan tipe dari fleksibilitas yang didapatkan dari pilihan-pilihan yang tersedia, yaitu:

1. *Option to abandon*

Opsi untuk menghentikan proyek (*abandonment option*) merupakan instrumen finansial yang melekat pada hampir setiap proyek investasi, memiliki karakteristik serupa dengan opsi jual (*put option*). Keputusan untuk menghentikan proyek bersifat kontingen, yaitu bergantung pada kondisi

tertentu. Proyek akan dihentikan jika nilai bersih sekarang (NPV) atau nilai aset dasar turun di bawah harga pelaksanaan (*exercise price*), yang umumnya setara dengan nilai sisa proyek. Opsi ini sangat berharga terutama dalam situasi di mana NPV proyek saat ini marginal namun potensi kerugiannya besar. Ketidakpastian terkait kelayakan proyek dapat dikurangi dengan opsi ini, karena investor dapat keluar dari proyek tanpa kerugian signifikan jika proyek tersebut tidak memberikan hasil yang diharapkan. Kerugian dapat diminimalkan melalui penjualan aset proyek, baik secara langsung maupun melalui mekanisme yang telah diatur sebelumnya (Rossi, 2011).

Pendekatan valuasi opsi *real* menawarkan kerangka kerja yang komprehensif untuk mengukur dan memaksimalkan nilai fleksibilitas dalam pengambilan keputusan investasi. Salah satu jenis *real option* yang penting ialah opsi untuk menghentikan proyek. Opsi ini memberikan hak, namun bukan kewajiban, kepada investor untuk mengakhiri proyek sebelum masa manfaatnya berakhir (Aswath, 2012).



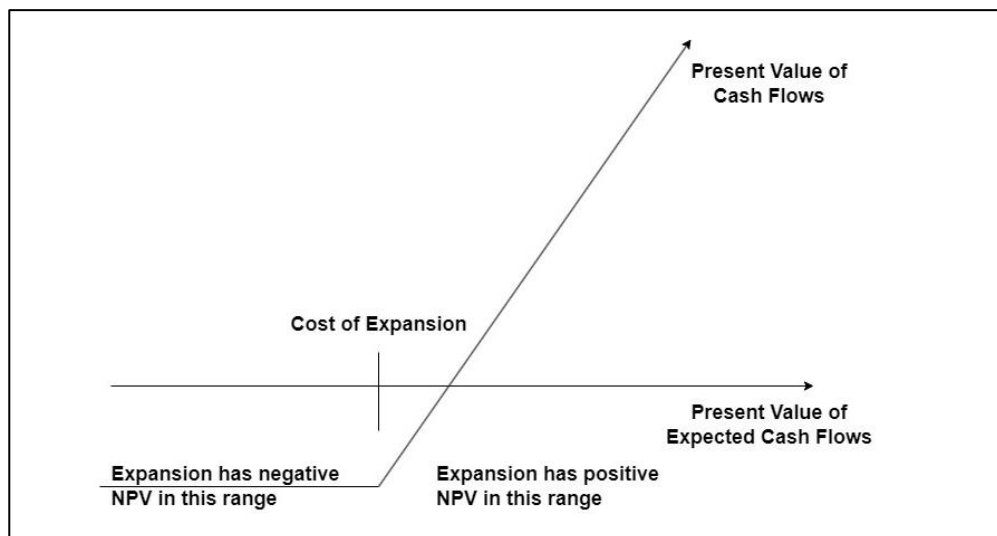
Gambar 1 Opsi untuk mengabaikan proyek (Aswath, 2012)

Sebagai ilustrasi, misalkan V mewakili nilai kontinuasi proyek, yaitu nilai proyek jika dioperasikan hingga akhir masa manfaatnya. Sebaliknya, L adalah nilai likuidasi atau nilai sisa yang dapat diperoleh jika proyek dihentikan pada suatu titik waktu tertentu. Dengan demikian, investor dapat membandingkan antara nilai kontinuasi (V) dan nilai likuidasi (L) untuk menentukan keputusan optimal. Jika V lebih besar dari L , maka melanjutkan

proyek lebih menguntungkan. Sebaliknya, jika L lebih besar dari V , maka menghentikan proyek merupakan pilihan yang lebih rasional (Aswath, 2012). Nilai opsi untuk menghentikan proyek dapat digambarkan sebagai fungsi dari harga aset dasar (**Gambar 1**). Berbeda dengan opsi panggilan (*call option*) dan opsi jual (*put option*) pada instrumen keuangan konvensional, opsi untuk menghentikan proyek memiliki karakteristik yang lebih mirip dengan opsi jual, sebagaimana dijelaskan oleh Aswath (2012).

2. *Option to expand*

Opsi ekspansi (*option to expand*) merupakan instrumen finansial yang memberikan fleksibilitas bagi perusahaan untuk memperluas skala operasi atau kapasitas produksi di masa depan. Opsi ini sangat berharga, terutama untuk proyek-proyek dengan tingkat ketidakpastian yang tinggi, di mana nilai bersih sekarang (NPV) awal mungkin rendah atau bahkan negatif. Meskipun demikian, potensi pertumbuhan yang signifikan di masa depan dapat menjadi justifikasi untuk melakukan investasi awal.



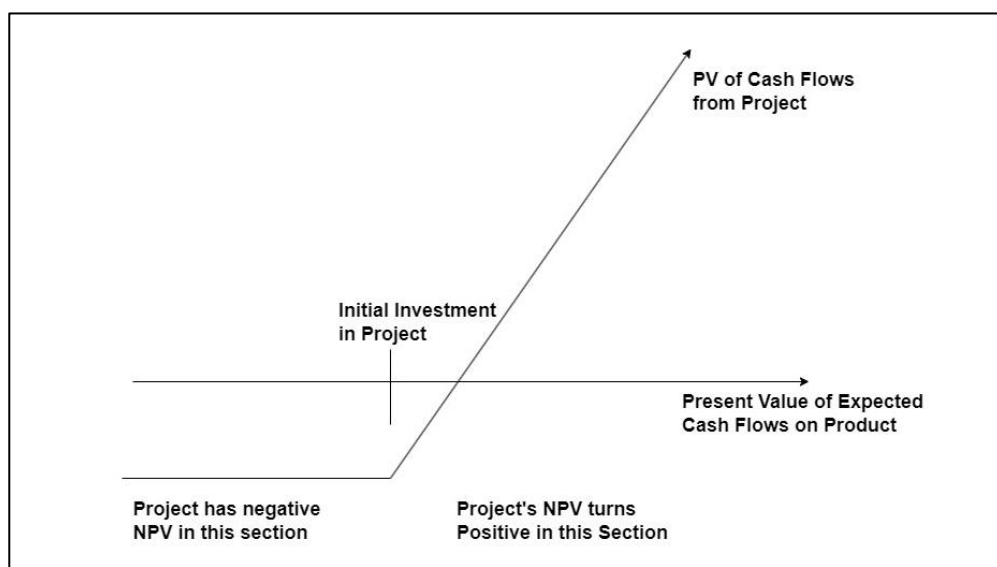
Gambar 2 Opsi untuk ekspansi proyek (Aswath, 2012)

Opsi ekspansi sering ditemui pada perusahaan dengan pertumbuhan tinggi, khususnya dalam industri yang mengalami pertumbuhan pesat seperti industri startup internet. Investasi yang diperlukan untuk melaksanakan opsi ekspansi dapat dianggap sebagai harga pelaksanaan (*exercise price*). Opsi ekspansi akan dilaksanakan jika hasil yang diharapkan dari ekspansi tersebut melebihi biaya investasinya (Rossi, 2011).

Opsi ekspansi dapat dievaluasi sejak tahap perencanaan proyek awal. Proyek awal ini dapat dianggap sebagai sebuah opsi yang memberikan hak, namun bukan kewajiban, bagi perusahaan untuk melakukan investasi lanjutan di masa depan. Nilai sekarang bersih (NPV) dari arus kas yang diharapkan dari proyek ekspansi ini dapat dihitung dan dinyatakan sebagai V . Sementara itu, investasi yang diperlukan untuk melaksanakan ekspansi ini adalah X (Aswath, 2012). Perusahaan dihadapkan pada keputusan investasi yang bersifat binomial: melanjutkan atau menghentikan proyek pada akhir periode tertentu. Jika NPV proyek ekspansi (V) lebih besar daripada biaya investasi (X), maka perusahaan akan memilih untuk melanjutkan proyek. Sebaliknya, jika V lebih kecil dari X , maka proyek ekspansi akan dihentikan. Perlu diperhatikan bahwa opsi ekspansi ini hanya dapat dilaksanakan jika proyek awal telah berhasil dijalankan (Aswath, 2012). Struktur pembayaran dari opsi ekspansi ini dapat digambarkan seperti pada **Gambar 2**. Opsi akan dilaksanakan jika nilai proyek ekspansi di masa depan melebihi biaya investasinya (Aswath, 2012).

3. *Option to delay*

Opsi penundaan (*option to delay*) memberikan hak eksklusif bagi suatu perusahaan untuk menunda pelaksanaan suatu proyek atau peluncuran suatu produk hingga waktu yang dianggap paling menguntungkan. Opsi ini memungkinkan perusahaan untuk menunggu kondisi pasar yang lebih baik sebelum mengambil keputusan investasi (Rossi, 2011).



Gambar 3 Opsi untuk menunda proyek (Aswath, 2012)

Analisis investasi tradisional umumnya hanya mengevaluasi kelayakan suatu proyek pada saat ini. Jika nilai sekarang bersih (NPV) proyek negatif atau *internal rate of return* (IRR) kurang dari tingkat potongan (*hurdle rate*), maka proyek tersebut akan ditolak. Namun, opsi penundaan memungkinkan perusahaan untuk mempertahankan hak atas proyek tersebut, meskipun pada saat ini proyek tersebut belum layak secara finansial (Rossi, 2011).

Nilai opsi penundaan terletak pada fleksibilitas yang diberikan kepada perusahaan untuk menunggu perubahan kondisi pasar yang dapat meningkatkan NPV proyek. Dengan kata lain, opsi penundaan memberikan nilai tambahan yang tidak dapat ditangkap oleh analisis investasi tradisional.

Gambar 3 menggambarkan secara visual konsep opsi penundaan (Rossi, 2011).

2.4.5 Kelebihan dan Kekurangan *Real Option Valuation*

Real option valuation memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan kerangka kerja pengambilan keputusan investasi. Namun penerapan metode ini memiliki sejumlah implikasi yang perlu dipertimbangkan. Adapun kelebihan dan kekurangan pada penerapannya yang perlu diperhatikan antara lain:

A. Kelebihan *real option valuation* (Mun, 2006).

1. Mengidentifikasi beragam pilihan alternatif investasi dan proyek yang sesuai untuk diimplementasikan dalam kondisi pasar yang dinamis dan tidak menentu.
2. Melakukan evaluasi menyeluruh terhadap setiap opsi strategi investasi dari semua alternatif investasi yang ada, yang mencakup penilaian komprehensif atas kelayakan finansial dan kelayakan proyek.
3. Memprioritaskan opsi investasi yang tersedia melalui matriks penilaian terstruktur yang menggabungkan kriteria kuantitatif dan kualitatif.
4. Mengoptimalkan nilai pemegang saham dengan melakukan analisis sensitivitas di berbagai skenario dan mengoptimalkan urutan pelaksanaan proyek.
5. Menentukan waktu yang optimal untuk pelaksanaan investasi melalui analisis yang komprehensif terhadap variabel biaya dan pendapatan.

6. Mengatur dan mengembangkan suatu portofolio investasi yang seimbang dan berkelanjutan melalui evaluasi portofolio secara berkala dan penyesuaian strategis yang proaktif.

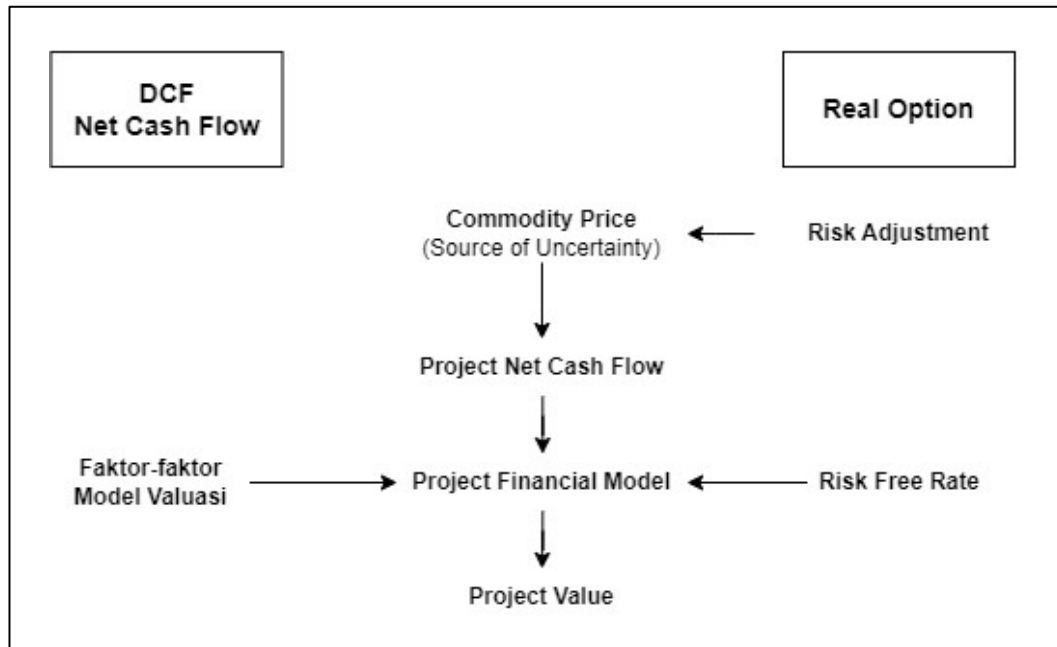
B. Kekurangan *real option valuation* (Chance and Peterson, 2002):

1. Metode valuasi memperlihatkan berkurangnya keefektifan dalam mengevaluasi proyek-proyek yang ditandai dengan volatilitas yang rendah, karena nilai opsi yang terkait cenderung mendekati nol.
2. *Real option valuation* menunjukkan efektivitas yang lebih baik dalam mengevaluasi proyek jangka panjang di mana fleksibilitas untuk menangguk atau memperluas investasi memiliki nilai strategis yang signifikan.
3. Metode *real option* tidak tepat digunakan untuk menganalisis kelayakan investasi proyek yang disubsidi pemerintah dimana variabel-variabel yang mempengaruhi nilai NPV relatif tidak terpengaruh oleh fluktuasi makro ekonomi.

2.5 Perbandingan *Real Option Valuation* dengan *Discounted Cash Flow*

Menurut penelitian Samis, Davis and Laughton (2007), perbedaan mendasar antara metode ROV dan DCF terletak pada pendekatan masing-masing untuk memasukkan risiko ke dalam valuasi arus kas suatu proyek. Sementara DCF menggabungkan risiko secara tidak langsung ke dalam tingkat diskonto tertentu yang mencakup gabungan antara faktor risiko itu sendiri dan faktor penurunan nilai uang seiring berjalannya waktu (*time value of money*). Tingkat diskonto ini digunakan untuk memperhitungkan nilai ekonomis saat ini (NPV versi DCF) dari arus kas yang akan diterima di masa depan dari suatu proyek. Sebaliknya, metode ROV menerapkan sebuah pendekatan yang lebih mendalam dengan memisahkan faktor-faktor yang lebih eksplisit antara risiko proyek dan nilai waktu uang. Dalam metode ROV, risiko ketidakpastian dalam proyek diterapkan secara khusus pada sumber parameter yang menyebabkan ketidakpastian tersebut, sehingga arus kas yang diperoleh telah dihitung dengan mempertimbangkan faktor risiko tersebut sebelum kemudian didiskonto kembali dengan tingkat diskonto waktu (*time value of money*) untuk memperoleh nilai ekonomis saat ini (NPV versi ROV). Karakteristik ini menjadikan ROV dianggap lebih cocok untuk proyek yang

memiliki tingkat ketidakpastian yang tinggi seperti sektor pertambangan, di mana nilai strategis dan fleksibilitas dalam pengambilan sangat penting. Landasan teori ROV berakar pada prinsip-prinsip opsi keuangan yang digunakan dalam transaksi pasar primer (David dkk., 2020).



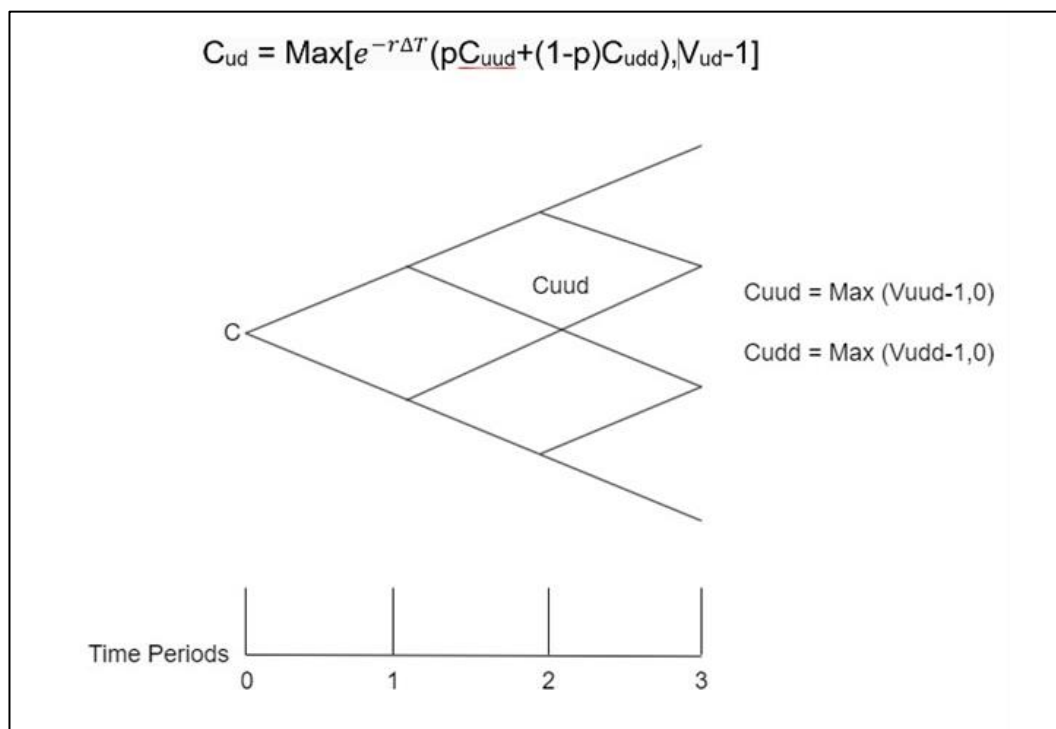
Gambar 4 Perbedaan metode DCF dan ROV (David dkk., 2020; Samis dkk., 2007)

Gambar 4 menunjukkan bahwa perbedaan metode DCF dan ROV tampak sangat halus tetapi sangat krusial antara metodologi DCF dan ROV dalam ekonomi suatu proyek. Dalam metode DCF, tingkat diskonto atau yang disebut sebagai "*risk adjusted rate*" diterapkan pada semua arus kas dengan asumsi bahwa investor umumnya memiliki ketidaknyamanan terhadap risiko (*risk averse*), sehingga mengurangi harapan dari arus kas masa depan. Di sisi lain, metode ROV menerapkan risiko yang timbul akibat ketidakpastian pada sumber parameter yang menyebabkannya dengan melakukan diskonto pada parameter tersebut. Jika diasumsikan bahwa ketidakpastian harga minyak merupakan satu-satunya faktor risiko dalam sebuah proyek, maka ekspektasi harga minyak di masa depan akan didiskonto dengan tingkat diskonto yang mencerminkan risiko komoditas tersebut. Dengan demikian, arus kas proyek telah disesuaikan untuk mengakomodasi fluktuasi harga minyak. Selanjutnya, arus kas yang telah disesuaikan dengan risiko ini akan didiskonto kembali dengan tingkat diskonto bebas risiko untuk

memperoleh nilai sekarang bersih (*net present value*). Pendekatan konvensional dalam pengambilan keputusan cenderung statis, sementara pendekatan ROV menawarkan fleksibilitas yang lebih besar dengan memungkinkan manajemen untuk merespons perubahan kondisi pasar secara dinamis (Mun, 2002).

2.6 Binomial Tree Lattice

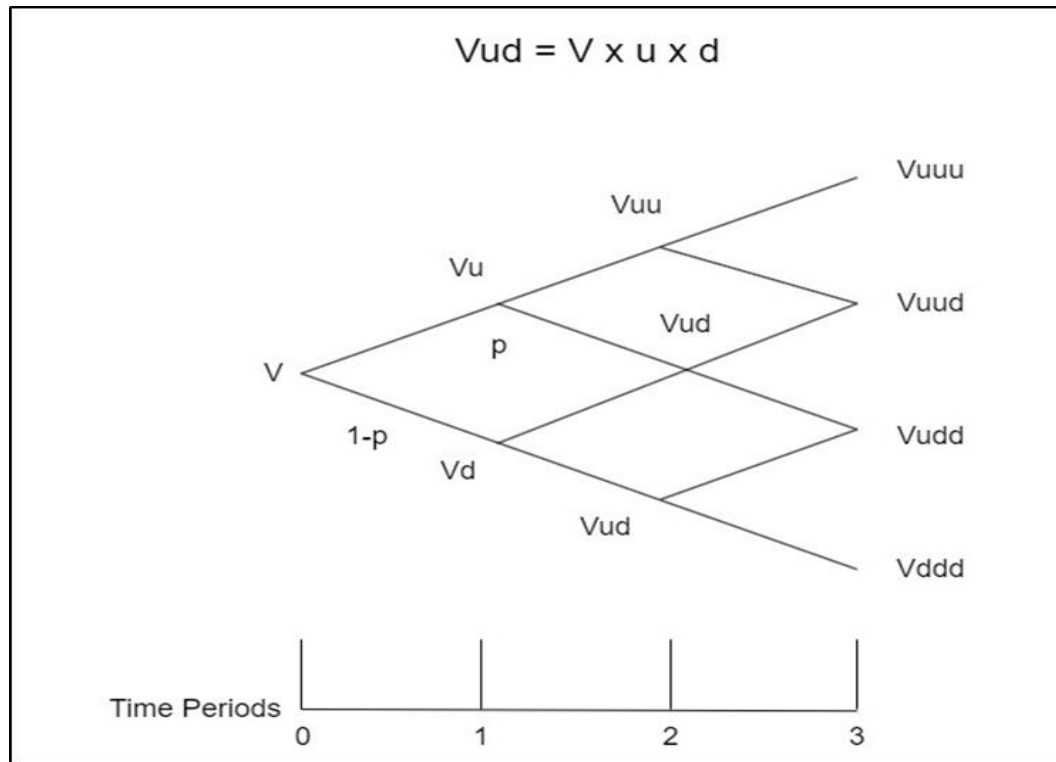
Metode *binomial tree lattice* pertama kali diperkenalkan oleh Cox, Ross, Rubinstein (1979), telah menjadi salah satu metode yang paling umum diterapkan dalam valuasi opsi. Metode *binomial tree lattice* menggunakan struktur pohon dimana pada percabangan pohon yang menerapkan aturan *binomial* pada setiap titik percabangan. Metode *binomial tree lattice* merepresentasikan pergerakan harga aset yang mengalami dua kemungkinan pada setiap periodenya. Kemungkinan tersebut merupakan kemungkinan harga aset naik atau kemungkinan harga aset turun (Sari dkk., 2016; Bodie *et al.*, 2006).



Gambar 5 Diagram perhitungan *forward calculation* (Lee *et al.*, 2014)

Gagasan utama dari pendekatan ini adalah untuk mensimulasikan pergerakan nilai aset acuan berdasarkan hukum *binomial*. Diasumsikan bahwa dalam periode waktu yang dipertimbangkan, variabel hanya dapat berubah dalam dua arah: naik dengan probabilitas p atau turun dengan probabilitas $(1 - p)$. Dengan kata lain,

perilaku stokastik nilai aset dari waktu ke waktu dimodelkan - (u) kenaikan ($1 +$ kenaikan harga relatif) atau (d) penurunan ($1 -$ penurunan harga relatif) dengan karakteristik tertentu. Kondisi $d < (1 + r)$ (Danylyshyn *et al.*, 2019).



Gambar 6 Diagram perhitungan *backward calculation* (Lee *et al.*, 2014)

Binomial tree lattice merupakan salah satu teknik dalam metode ROV yang menghitung nilai suatu proyek menggunakan diagram pohon untuk menggambarkan ketidakpastian suatu variabel proyek. Metode ini menerapkan diagram pohon untuk memodelkan perilaku variabel proyek yang bersifat dinamis, yang secara efektif menangkap ketidakpastian yang melekat pada variabel-variabel ini. Dengan menggambarkan tingkat volatilitas variabel-variabel yang tidak pasti ini selama jangka waktu tertentu, kisi-kisi pohon binomial ini memungkinkan perhitungan probabilitas nilai proyek, yang dapat memberikan gambaran mengenai kemungkinan kenaikan atau penurunan nilai di masa depan (David dkk., 2020).

Teknik dengan pendekatan *binomial tree lattice* menggunakan diagram pohon (*tree diagram*) untuk menggambarkan ketidakpastian (*uncertainty*) dari suatu proyek seperti yang dilakukan pada analisis *decision tree*. Diagram pohon ini dikenal dengan *lattice*. Dalam perhitungan dengan menggunakan metode *binomial tree lattice* diperlukan beberapa parameter input dasar yaitu *present value* dari

underlying asset (S), present value dari cost of the option (X), volatility of the natural logarithm of the underlying free cash flow returns dalam persen (σ), maturity (T), risk free rate atau rate of return dari riskless assets (rf), dan continuous dividend outflow (b). Perhitungan *binomial tree lattice* terdiri dari dua fase perhitungan yaitu *forward calculation* (u) dan *backward calculation* (d) serta perhitungan *risk-neutral probabilitas* (p) yang diberikan oleh rumus. Rumus untuk perhitungan maju sesuai dengan **Persamaan 2** dan ditunjukkan pada **Gambar 5** dan rumus untuk perhitungan mundur ditunjukkan pada **Persamaan 3** dan ditunjukkan pada **Gambar 6** (Kietowibowo dkk., 2023; Mun, 2006).

$$u = e^{\sigma \sqrt{\Delta t}} = \frac{1}{d} \quad (2)$$

$$d = e^{-\sigma \sqrt{\Delta t}} \quad (3)$$

$$P = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d} \quad (4)$$

Keterangan:

u = Faktor naik

d = Faktor turun

σ = Volatilitas harga jual

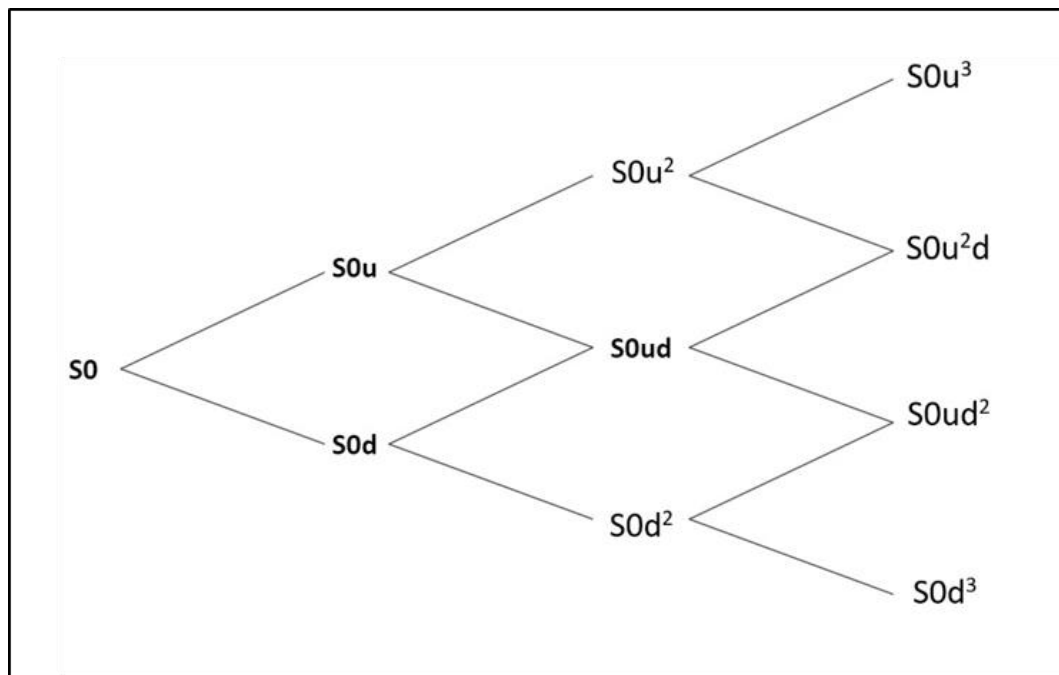
Δt = Time-step size ($\frac{Periode (T)}{Lattice Step}$)

e = Bilangan antilog yaitu 2,718

r = Risk free rate.

Model *binomial tree lattice*, yang dikembangkan oleh Cox, Ross, dan Rubinstein (1979) dan dielaborasi lebih lanjut oleh Mun (2002), menawarkan kerangka kerja yang efektif untuk valuasi opsi dengan mempertimbangkan dinamika waktu diskrit. Keunggulan utama model ini adalah kemampuannya dalam mengakomodasi opsi-opsi Amerika yang memungkinkan pelaksanaan sebelum tanggal jatuh tempo, berkat kemampuannya dalam menangkap arus kas pada setiap periode waktu. Meskipun demikian, kompleksitas komputasi model ini meningkat secara eksponensial seiring dengan bertambahnya jumlah variabel ketidakpastian. Meskipun demikian, model *binomial tree lattice* tetap menjadi alat yang populer karena sifatnya yang intuitif, mudah diimplementasikan, dan fleksibel dalam mengakomodasi berbagai jenis opsi nyata. Namun, untuk mendapatkan hasil yang

akurat, model ini seringkali memerlukan daya komputasi yang signifikan dan pemilihan langkah waktu yang tepat (Mun, 2002).



Gambar 7 Nilai opsi *binomial tree lattice* (Mun, 2002)

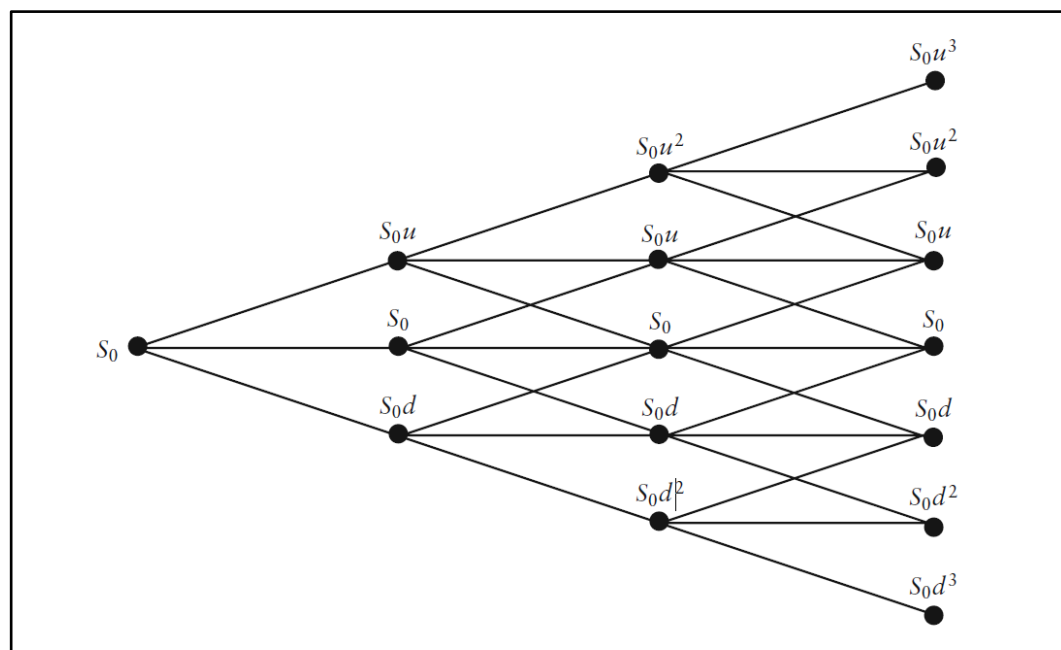
Valuasi opsi dengan metode *binomial tree lattice* dimulai dari node terminal pada akhir periode, dimana nilai opsi dapat ditentukan secara langsung. Proses valuasi kemudian dilakukan secara mundur (*backward induction*) menuju node awal ($T=0$) untuk memperoleh nilai opsi saat ini. Pada setiap node, nilai opsi dihitung sebagai nilai harapan bersyarat dari nilai opsi pada periode berikutnya, dimana kemungkinan naik atau turunnya harga aset *underlying* dipertimbangkan. Dengan demikian, nilai opsi pada setiap node merupakan fungsi dari nilai opsi pada node anak-anaknya, dengan Δt mewakili interval waktu antara dua node berturut-turut. Notasi f_u dan f_d digunakan untuk menotasikan nilai opsi pada node anak yang bersesuaian dengan pergerakan harga aset ke atas dan ke bawah, masing-masing. Proses iterasi ini berlanjut hingga mencapai node awal, sehingga diperoleh nilai opsi pada saat sekarang (David dkk., 2020).

Model *binomial tree lattice* dan *multinomial tree lattice* memanfaatkan konsep probabilitas netral risiko dan replikasi portofolio untuk menghitung nilai opsi secara numerik. Keakuratan model *binomial tree lattice* meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah langkah waktu, yang memungkinkan simulasi yang lebih terperinci terhadap pergerakan harga aset dasar. Dimulai dari harga aset saat

ini (S_0), *binomial tree lattice* menggambarkan berbagai kemungkinan harga aset di masa depan melalui faktor pengali naik (u) dan turun (d). Dalam kondisi tanpa ketidakpastian (volatilitas nol), *binomial tree lattice* akan berbentuk garis lurus, dan nilai opsi akan sama dengan nilai intrinsiknya. Namun, dalam kondisi pasar yang sebenarnya, adanya volatilitas menyebabkan harga aset bergerak secara acak, sehingga menciptakan peluang keuntungan bagi pemegang opsi. Semakin tinggi tingkat volatilitas, semakin lebar rentang harga aset yang mungkin terjadi dan dengan demikian semakin tinggi pula nilai opsi (Mun, 2002).

2.7 Trinomial Tree Lattice

Model *trinomial tree lattice* merupakan pengembangan dari model *binomial tree lattice* yang lebih sederhana. Model *trinomial tree lattice* memungkinkan adanya tiga kemungkinan pergerakan harga aset, yaitu naik, turun, atau tetap, sehingga lebih mampu merefleksikan dinamika pasar yang sebenarnya. Model *trinomial tree lattice* diharapkan dapat memberikan estimasi yang lebih akurat dibandingkan model *binomial tree lattice*, terutama dalam kondisi pasar yang volatil. Kedua model ini menggunakan struktur pohon (*lattice*) untuk memvisualisasikan berbagai kemungkinan harga aset di masa depan. Namun, perlu diperhatikan bahwa peningkatan akurasi ini juga disertai dengan peningkatan kompleksitas perhitungan (Mun, 2006).



Gambar 8 Trinomial tree lattice (Mun, 2002)

Trinomial tree lattice pertama kali dikemukakan oleh Phelim Boyle (1986) yang merupakan pengembangan dari model *binomial tree lattice*. Pada model *trinomial tree lattice*, Boyle mendeskripsikan parameter-parameter yang digunakan dalam *trinomial tree lattice* dan mengasumsikan probabilitas sebesar $\frac{2}{3}$ untuk pergerakan harga aset tetap dan probabilitas sebesar $\frac{1}{3}$ untuk gabungan kenaikan harga aset naik dan penurunan harga aset turun. Asumsi berdasarkan pengamatan informasi harga saham (Sholikha dan Artiono, 2023). Sebaliknya, Hull (2006) mengusulkan agar nilai parameter penetapan harga opsi alternatif yang berbeda dengan Boyle. Berdasarkan pengamatan, diperoleh suatu kesimpulan bahwa probabilitas pergerakan harga aset tetap adalah $\frac{1}{2}$ dan gabungan probabilitas kenaikan dan penurunan harga aset sebesar $\frac{1}{2}$ (Hull, 2006).

Metode *Trinomial tree lattice* merupakan model peningkatan dari model *binomial tree lattice* yang mengatasi keterbatasan dalam akurasi dan kecepatan komputasi (Haahtela, 2010; Andrean dkk, 2017). Secara fungsional, model *trinomial tree lattice* memiliki kerangka kerja yang sama dengan metode *binomial tree lattice*. *Trinomial tree lattice* terdiri dari tiga parameter pergerakan harga yaitu u , m , dan d dimana setiap selang waktu Δt harga aset (S_n) dapat mengalami kenaikan sebesar u , penurunan sebesar d atau tetap sebesar m ($m = 1$) serta mempunyai tiga peluang yang saling terkait, yaitu pu , pm dan pd . Harga aset naik memiliki peluang pu , harga aset turun dengan peluang pd , dan harga aset tetap dengan peluang pm . Oleh karena itu terdapat lima parameter dari *trinomial tree lattice* yaitu u , d , m , P_u , P_m , dan P_d (Hull, 2006).

$$u = e^{\sigma \sqrt{2\Delta t}} \quad (5)$$

$$d = e^{-\sigma \sqrt{2\Delta t}} = \frac{1}{u} \text{ (strukturnya bergabung kembali)} \quad (6)$$

$$m = 1 \quad (7)$$

$$P_u = \left(\frac{e^{(r-q)\Delta t/2} - e^{-\sigma \sqrt{\Delta t/2}}}{e^{\sigma \sqrt{\Delta t/2}} - e^{-\sigma \sqrt{\Delta t/2}}} \right)^2 \quad (8)$$

$$P_m = 1 - (P_u + P_d) \quad (9)$$

$$P_d = \left(\frac{e^{\sigma \sqrt{\Delta t/2}} - e^{(r-q)\Delta t/2}}{e^{\sigma \sqrt{\Delta t/2}} - e^{-\sigma \sqrt{\Delta t/2}}} \right)^2 \quad (10)$$

Keterangan:

σ = Volatilitas harga jual

Δt = Time-step size ($\frac{Periode (T)}{Lattice Step}$)

r = Laju pengembalian tanpa risiko (*risk free rate*)

q = *Dividen*

p_u = Probabilitas untuk cabang yang berada paling atas

p_m = Probabilitas untuk cabang yang berada di tengah

p_d = Probabilitas untuk cabang yang berada paling bawah

Kerangka kerja *trinomial tree lattice* juga dapat disusun berdasarkan asumsi dan batasan dasar yang sama dengan model *binomial tree lattice*. Peluang transisi berkisar antara 0 dan 1 dan jika dijumlahkan nilainya harus satu. Meskipun demikian, *mean* dari distribusi diskrit sama dengan *mean* dari distribusi kontinu yang mengikuti distribusi lognormal, dan akhirnya, varians dari distribusi diskrit harus sama dengan varians distribusi kontinu (Andrean dkk., 2017).

Trinomial tree lattice merupakan teknik yang bermanfaat untuk menentukan harga opsi investasi, karena *trinomial tree lattice* memberikan fleksibilitas tambahan yang mempermudah dalam menggambarkan pergerakan suku bunga (Hull, 2006). Proses penyelesaian model *trinomial tree lattice* secara konseptual mirip dengan model *binomial tree lattice*, melibatkan perhitungan probabilitas netral-risiko dan simulasi pergerakan harga aset secara diskrit. Namun, struktur pohon yang lebih kompleks pada model *trinomial tree lattice*, terutama dalam kasus pohon rekombinasi, mengakibatkan peningkatan signifikan dalam kompleksitas perhitungan dalam proses penyelesaiannya. Meskipun demikian, model *trinomial tree lattice* dan *binomial tree lattice* ini pada dasarnya menghasilkan hasil yang konvergen, dengan model *trinomial* menawarkan akurasi yang lebih tinggi, terutama untuk instrumen derivatif dengan karakteristik yang kompleks. Ilustrasi *trinomial tree lattice* dapat dilihat pada **Gambar 8** (Mun, 2002).

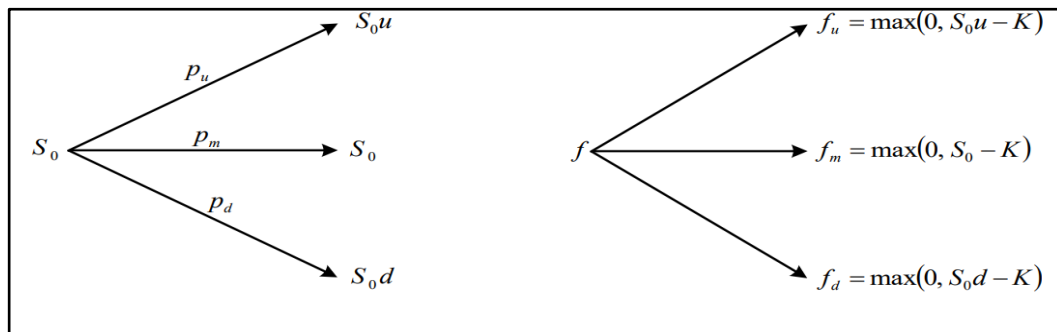
Evaluasi instrumen derivatif seperti ROV dapat dilakukan menggunakan model kontinu (model Black-Scholes) jika kita berurusan dengan opsi Eropa atau menggunakan pendekatan model terpisah atau diskrit (*trinomial tree lattice* dan *binomial tree lattice*) untuk opsi-opsi dengan karakteristik yang lebih kompleks, seperti opsi dengan kemungkinan penundaan investasi (dari keputusan untuk mencoba investasi). Konstruksi model *trinomial tree lattice* memiliki kesamaan dengan model *binomial tree lattice* dalam hal estimasi probabilitas netral-risiko

untuk pergerakan harga aset dasar. Namun, perbedaan utama terletak pada jumlah kemungkinan pergerakan harga aset pada setiap periode waktu. Model *trinomial tree lattice* mempertimbangkan tiga kemungkinan, yaitu naik, turun, atau tetap, sedangkan model *binomial tree lattice* hanya mempertimbangkan dua kemungkinan, yaitu naik dan turun. Tingkat kenaikan dan penurunan menentukan hubungan pada **Persamaan 5** dan **Persamaan 6**. Jika aset acuan tetap stabil, maka nilainya sama dengan 1 (Sojda, 2013; Ranosz, 2016). Sebagai contoh, opsi *call* mempunyai waktu hidup $[0, T]$, harga aset sekarang adalah S_0 maka pada saat T harga saham akan naik dengan peluang p_u menjadi S_0u , harga aset tetap dengan peluang p_m dan harga saham turun dengan peluang p_d menjadi S_0d (Meliyani dkk., 2016). Ilustrasi pergerakan harga aset dan harga opsi *call* dengan *trinomial tree lattice* dapat dilihat pada **Gambar 9**. Dari ilustrasi **Gambar 9**, harga opsi *call* dapat dirumuskan sebagai **Persamaan 11** (Meliyani dkk., 2016):

$$F = e^{-r\Delta t} (p_u f_u + p_m f_m + p_d f_d) \quad (11)$$

Dengan menyatakan nilai f_u , f_d , f_m merupakan nilai dari opsi *call* pada masing-masing pergerakan naik, turun dan tetap. Seperti halnya *binomial tree lattice*, *trinomial tree lattice* pada **Gambar 9** juga dapat diperluas untuk menjadi n periode dengan T adalah waktu jatuh tempo maka besarnya $\Delta t = \frac{T}{n}$. Hal ini memungkinkan generalisasi harga opsi *call* untuk n periode yang dapat dilihat pada **Persamaan 12** (Meliyani dkk., 2016).

$$F = e^{-nr\Delta t} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{n!}{i!j!(n-i-j)!} P_u^i P_m^j P_d^{n-i-j} \max(S_u^i m^j d^{n-i-j} - K, 0) \quad (12)$$



Gambar 9 Ilustrasi pergerakan harga aset dan harga *call option* dengan *trinomial tree lattice* (Meliyani dkk., 2016)

2.8 *Option to Delay*

Opsi merupakan suatu kontrak derivatif yang memberikan hak, tetapi bukan kewajiban kepada pemegang opsi untuk membeli aset (*call option*) atau menjual aset (*put option*) suatu aset acuan pada harga yang telah ditetapkan, yang dikenal sebagai harga kesepakatan atau harga pelaksanaan (*exercise price*), pada saat atau sebelum tanggal kadaluarsa yang telah ditentukan. Pembeli opsi (*option buyer*) atau disebut juga pemegang opsi (*option holder*) adalah pihak yang mendapatkan hak, sedangkan penerbit opsi (*option writer*) merupakan pihak yang menjual opsi dan harus bertanggung jawab terhadap keputusan pembeli opsi kapan opsi tersebut akan digunakan. Batas waktu berlakunya opsi disebut waktu jatuh tempo (*expiration date*), serta harga aset yang disepakati oleh *writer* dan *buyer* disebut harga pelaksanaan (*strike price* atau *exercise price*) (Luenberger, 1998). Opsi-opsi diklasifikasikan berdasarkan waktu pelaksanaannya dan fungsi.

A. Opsi berdasarkan waktu pelaksanaannya yaitu (Wilmott *et al*, 1995):

1. Opsi tipe Eropa (*European Option*)

Opsi tipe eropa (*european option*) memberikan hak kepada pemegangnya untuk melaksanakan opsi tersebut hanya pada tanggal jatuh tempo yang telah ditentukan sebelumnya. Artinya, pemegang opsi tidak dapat melaksanakan opsi sebelum tanggal tersebut.

2. Opsi tipe Amerika (*American Option*)

Opsi tipe amerika (*american option*) memberikan fleksibilitas yang lebih besar kepada pemegangnya, yaitu opsi dapat dilaksanakan kapan saja selama periode kontrak opsi masih berlaku, baik sebelum maupun pada tanggal jatuh tempo. Perbedaan waktu pelaksanaan ini memiliki implikasi yang signifikan terhadap nilai intrinsik dan nilai waktu dari masing-masing jenis opsi, serta strategi perdagangan yang terkait.

B. Opsi berdasarkan fungsinya, antara lain (Higham, 2004):

1. Opsi Beli (*Call Option*)

Opsi beli (*call option*) merupakan opsi yang memberikan hak tetapi bukan keharusan, kepada pemegangnya untuk membeli sejumlah aset acuan tertentu pada harga kesepakatan (*strike price*) yang telah ditentukan pada atau sebelum tanggal kadaluarsa yang telah ditentukan.

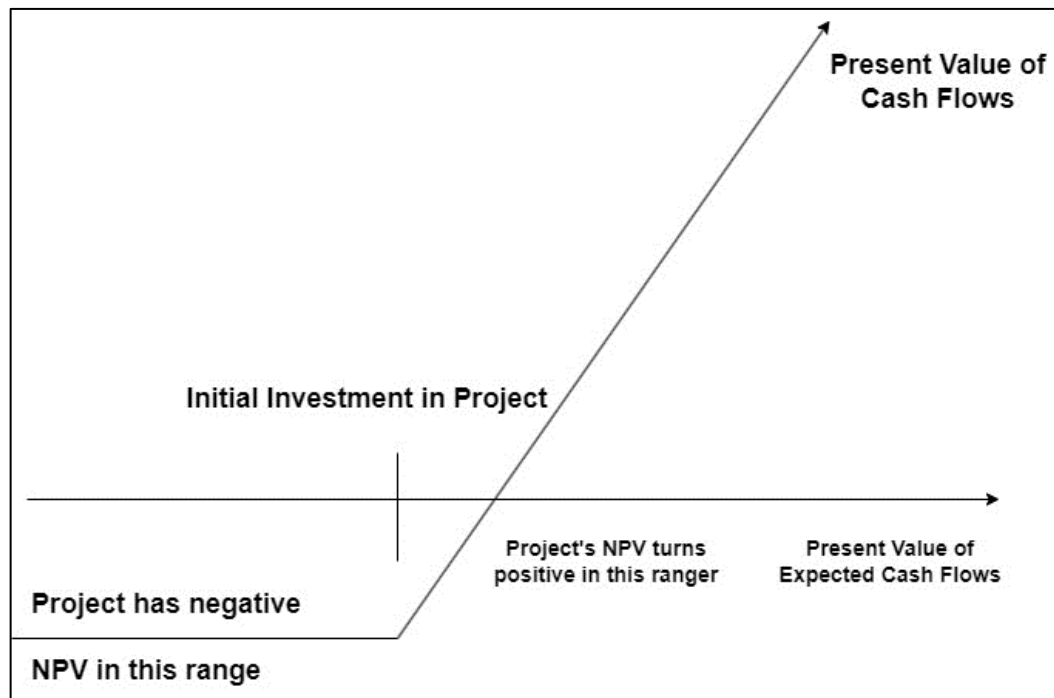
2. Opsi Jual (*Put Option*)

Opsi jual (*put option*) merupakan opsi yang memberikan hak kepada pemegangnya tetapi bukan keharusan untuk menjual sejumlah tertentu aset acuan pada harga kesepakatan yang ditentukan pada atau sebelum tanggal kedaluarsa yang ditentukan.

Terdapat korelasi positif yang kuat antara harga saham dan nilai opsi. Semakin tinggi harga aset, semakin besar kemungkinan opsi akan dieksekusi pada saat jatuh tempo, sehingga nilai intrinsik opsi pun meningkat. Ketika harga saham jauh melampaui harga eksekusi, nilai opsi mendekati selisih antara harga saham saat ini dan nilai sekarang dari harga eksekusi, yang dapat dihitung menggunakan diskonto berdasarkan tingkat bunga bebas risiko (Black, 1973; Moy dkk., 2017).

Nilai opsi sangat dipengaruhi oleh perbandingan antara harga saham saat ini dengan harga eksekusi, serta waktu yang tersisa hingga tanggal jatuh tempo. Jika harga saham jauh di bawah harga eksekusi, opsi cenderung tidak akan dilaksanakan (*out of the money*), sehingga nilainya mendekati nol. Sebaliknya, jika waktu hingga jatuh tempo sangat panjang, nilai opsi akan lebih dipengaruhi oleh pergerakan harga saham di masa depan, sehingga nilainya cenderung mendekati harga saham saat ini. Namun, semakin dekat waktu jatuh tempo, nilai opsi akan semakin dipengaruhi oleh nilai intrinsiknya, yaitu selisih antara harga saham dan harga eksekusi jika opsi berada dalam kondisi *in the money*. Secara umum, nilai opsi cenderung menurun seiring berjalannya waktu jika tidak terjadi perubahan signifikan pada harga saham (Black, 1973; Moy dkk., 2017).

Evaluasi proyek umumnya didasarkan pada perhitungan nilai sekarang bersih (NPV) yang mempertimbangkan aliran kas proyek di masa depan dan tingkat diskonto yang berlaku. Namun, NPV ini bersifat dinamis dan dapat berubah seiring waktu karena fluktuasi aliran kas yang diharapkan dan tingkat diskonto. Akibatnya, proyek yang saat ini memiliki NPV negatif berpotensi menjadi positif di masa mendatang (Aswath, 2012).



Gambar 10 Opsi untuk menunda proyek

Dalam lingkungan persaingan sempurna, dimana semua perusahaan memiliki akses yang sama terhadap peluang investasi, potensi perubahan NPV di masa depan mungkin tidak memberikan keunggulan kompetitif yang signifikan. Sebaliknya, dalam kondisi pasar yang tidak sempurna, dimana terdapat hambatan masuk bagi pesaing, maka potensi perubahan NPV seiring waktu memberikan karakteristik mirip opsi panggilan kepada proyek tersebut. Hal ini berarti perusahaan yang memiliki proyek dengan potensi NPV positif di masa depan memiliki hak, namun tidak berkewajiban untuk melanjutkan proyek tersebut di masa mendatang, mirip dengan pemegang opsi panggilan pada suatu aset (Aswath, 2012).

Sekarang asumsikan bahwa perusahaan memiliki hak eksklusif atas proyek ini untuk n tahun ke depan, dan bahwa nilai sekarang dari arus kas masuk dapat berubah selama waktu tersebut, karena perubahan arus kas atau tingkat diskonto. Proyek tersebut mungkin memiliki NPV negatif saat ini, tetapi mungkin masih menjadi proyek yang bagus jika perusahaan menunggu (*option to delay*). S sebagai nilai sekarang dari arus kas, aturan keputusan perusahaan pada proyek ini dapat diringkas sebagai berikut (Aswath, 2012):

1. Jika $S > X$, berinvestasi dalam proyek: Proyek memiliki nilai sekarang bersih positif.

2. Jika $S < X$, jangan berinvestasi dalam proyek: Proyek memiliki nilai sekarang bersih negatif.

Jika sebuah perusahaan memilih untuk tidak melanjutkan sebuah proyek setelah masa evaluasi awal, maka perusahaan tersebut tidak akan mendapatkan aliran kas tambahan dari proyek tersebut. Namun, perusahaan tetap kehilangan investasi awal yang telah dikeluarkan untuk mendapatkan hak eksklusif atas proyek tersebut. Dalam konteks ini, proyek itu sendiri dapat dianggap sebagai aset dasar, sedangkan investasi awal bertindak sebagai harga pelaksanaan (*strike price*) dari sebuah opsi. Masa waktu dimana perusahaan memiliki hak eksklusif atas proyek tersebut setara dengan masa berlaku opsi (Aswath, 2012).

Nilai sekarang dari semua aliran kas yang diharapkan dari proyek, serta tingkat ketidakpastian (variansi) dari nilai sekarang ini, secara langsung mencerminkan nilai dan risiko dari aset dasar (yaitu proyek) tersebut. Hubungan antara investasi awal, aliran kas proyek, dan nilai opsi ini dapat digambarkan secara visual melalui diagram aliran kas, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 10**. Diagram ini mengasumsikan bahwa perusahaan akan bertahan hingga akhir periode hak eksklusifnya (Aswath, 2012).

Perhatikan bahwa diagram pembayaran ini adalah diagram pembayaran opsi beli (*call option*) aset yang mendasarinya adalah proyek, harga kesepakatan (*strike price*) dari opsi tersebut adalah investasi yang dibutuhkan untuk mengambil proyek tersebut, dan umur opsi adalah jangka waktu dimana perusahaan mempunyai hak untuk membeli opsi tersebut. proyek. Nilai sekarang dari arus kas proyek ini dan varians yang diharapkan dalam nilai sekarang ini mewakili nilai dan varians dari aset yang mendasarinya (Aswath, 2012).

Beberapa implikasi menarik muncul dari analisis opsi penundaan proyek sebagai opsi. Pertama, sebuah proyek mungkin memiliki *net present value* negatif saat ini berdasarkan arus kas yang diharapkan, namun hak atas proyek tersebut mungkin masih bernilai karena karakteristik pilihan. Kedua, sebuah proyek mungkin memiliki *net present value* positif tetapi masih belum dapat diterima dengan segera. Hal ini dapat terjadi karena perusahaan dapat memperoleh keuntungan dengan menunggu dan menerima proyek di masa mendatang, dengan alasan yang sama bahwa investor tidak selalu menggunakan opsi yang ada dalam

uang. Sebuah perusahaan lebih cenderung menunggu jika memiliki hak atas proyek untuk waktu yang lama, dan varians dalam arus masuk proyek tinggi (Aswath, 2012).

Ketiga, faktor-faktor yang dapat membuat suatu proyek menjadi kurang menarik dalam analisis statis justru dapat membuat hak atas proyek tersebut menjadi lebih bernilai. Sebagai contoh, pertimbangkan efek ketidakpastian tentang ukuran pasar potensial dan besarnya pengembalian berlebih. Dalam analisis statis, meningkatkan ketidakpastian ini meningkatkan keberisikoan proyek dan mungkin membuatnya kurang menarik. Ketika proyek dipandang sebagai sebuah opsi, peningkatan ketidakpastian sebenarnya dapat membuat opsi tersebut lebih bernilai, bukan berkurang (Aswath, 2012).

Model yang lebih umum untuk menilai opsi adalah model *binomial tree lattice*, banyak praktisi menggunakan model Black Scholes, yang membuat asumsi yang jauh lebih ketat tentang proses harga dan latihan awal untuk menilai opsi dengan opsi terdaftar pada aset yang diperdagangkan (Aswath, 2012).