

OPTIMASI STRIPPING RATIO DENGAN METODE DISCOUNTED CASH FLOW PADA PROJECT PLTU MULUT TAMBANG

OPTIMIZING STRIPPING RATIO WITH DISCOUNTED CASH FLOW METHOD IN PLTU MINE MOUTH

YA. Yulanda¹, MT. Toha², F. Sjarkowi³

¹⁻²Magister Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

³Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian (Agribisnis) Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya

Jl. Srijaya Negara, Bukit Lama, Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia

e-mail: *¹yudiarista@gmail.com, ²ttoha@unsri.ac.id, ³fsjarkowi13@gmail.com

ABSTRAK

Harga batubara acuan pada bulan Januari 2020 adalah 65.93 USD/ton turun jauh dari tahun 2018 dimana harga batubara acuan sempat mencapai 107.83 USD/ton pada bulan Agustus. Dalam upaya menaikkan ratio elektrifikasi dalam RUPTL PLN 2018-2027 PLTU Mulut Tambang mendapatkan porsi 11 persen dengan peningkatan jumlah pembangkit setiap tahunnya. Keberadaan Batubara sebagai sumber daya alam yang terbatas dan tidak dapat diperbaharui menuntut penerapan prinsip konservasi cadangan batubara untuk mengoptimalkan keuntungan dan cadangan dengan memilih *Stripping Ratio* yang optimum. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menentukan *Stripping Ratio* Optimum yang akan memberikan keuntungan terbaik menggunakan metode *discounted cash flow* sehingga batas penambangan optimum (*Ultimate Pit Limit*) juga dapat ditentukan. Optimasi ini dilakukan dengan men-generate data variasi *Stripping Ratio* yang menggambarkan *pit limit* dan cadangan dari masing-masing *stripping ratio* tersebut kemudian memasukkan pertimbangan ekonomi yang di *discount rate* untuk mendapat angka *Net Present Value (NPV)* sehingga bisa dianalisis dalam kurva optimasi. Hasil penelitian adalah *Stripping Ratio* optimum berdasarkan kurva optimasi dengan metode Konvensional NPV skenario *Spot Price* adalah 4.5 dengan total cadangan 7.5jt MT dan umur tambang 8 Tahun serta NPV 21,7 juta US\$.

Kata kunci: Stripping Ratio, Pit Limit, Optimasi, NPV, Discounted Cash Flow

ABSTRACT

The reference coal price in January 2020 was 65.93 USD / ton. It went down considerably from 2018 where the reference coal price had reached 107.83 USD / ton in August. In order to increase the electrification ratio in RUPTL PLN 2018-2027 where PLTU Mouth Mine gets 11 percent portion which increase in the number of plants each year. Coal is limited and non-renewable natural resource requires the conservation principle to optimize profits and reserves by choosing the optimum *Stripping Ratio*. The purpose of this study is to determine Optimum *Stripping Ratio* that will provide the best benefits using discounted cash flow method so that *Ultimate Pit Limit* can also be determined. This optimization is done by generating *Stripping Ratio* variation data that indicates the *pit limit* and reserves of each *stripping ratio* and then doing economic considerations to discounted cash flow to get *Net Present Value (NPV)* so it can be analyzed in an optimization curve. The results of the research showed the optimum *Stripping Ratio* based on the optimization curve with the Conventional NPV *Spot Price* scenario method is 4.5 with total reserve of 7.5 million MT and Mining life of 8 years and NPV of 21.7 million US \$.

Keywords : Stripping Ratio, Pit Limit, Optimize, NPV, Discounted Cash Flow

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang kaya akan sumber energi batubara. Berdasarkan *data BP Statistical Review of World Energy* tahun 2017, cadangan batubara Indonesia menempati peringkat ke-9 dunia dengan cadangan sekitar 2,2 persen dari total cadangan terbukti dunia. Akan tetapi, Indonesia merupakan produsen batubara terbesar ke-5 di dunia. Produksi batubara yang besar memang memberikan dampak positif terhadap pendapatan devisa negara, namun dengan cadangan yang sedikit maka perlu konservasi cadangan yang tepat agar cadangan batubara dapat tertambang dengan optimum dan menjaga *sustainability* batubara.

Harga batubara sepanjang tahun 2019 menunjukkan grafik penurunan jika dibandingkan dengan tahun 2018 dan *trend* tersebut berlanjut sampai Januari 2020. Menurut data dari kementerian ESDM, harga batubara acuan pada bulan Januari 2020 adalah 65.93 USD/ton turun jauh dari tahun 2018 dimana harga batubara acuan sempat mencapai 107.83 USD/ton pada bulan Agustus. Harga batubara yang *fluktuatif* sesuai dengan pasar dunia merupakan tantangan bagi Industri Batubara karena berdampak langsung pada keuntungan dan jumlah cadangan, semakin tinggi harga maka *Stripping Ratio* semakin bisa dioptimalkan untuk menaikkan cadangan batubara dan keuntungan, begitupun sebaliknya.

Sejalan dengan program pemerintah menaikkan ratio elektrifikasi dalam RUPTL PLN 2018-2027 dimana bauran energi nasional batubara dinaikkan dari 50,4 persen pada RUPTL PLN 2018 menjadi 54,4 persen, PLTU Mulut Tambang mendapatkan porsi 11 persen dimana kebutuhan pembangkit diperkirakan akan mengalami peningkatan setiap tahun nya [1]. Untuk Sumatera sendiri rencana pembangunan PLTU MT tersebar di Jambi dan Sumatera Selatan. Dalam rangka meningkatkan minat investasi di PLTU MT maka pemerintah melalui PERMEN ESDM No. 24 tahun 2016 merevisi PERMEN ESDM No. 9 menetapkan untuk skema harga jual batubara dilakukan melalui mekanisme *Business to Business* sehingga diharapkan harga yang lebih kompetitif.

Sumatera Selatan merupakan lumbung energi nasional dengan cadangan batubara yang berlimpah. Berdasarkan data BPS tahun 2014 cadangan batubara di Sumatera Selatan sekitar 22,24 miliar Ton. Namun yang menjadi permasalahannya, sebagian besar batubara tersebut kalori rendah dengan lokasi yang rata-rata jauh dari pelabuhan sehingga kurang menarik bagi investor untuk mengusahakan melalui mekanisme pasar domestik maupun ekspor. Tantangan tersebut dapat diatasi diantaranya dengan mengurangi jarak transportasi batubara melalui pembangunan PLTU Mulut Tambang.

Keberadaan Batubara sebagai sumber daya alam yang terbatas dan tidak dapat diperbaharui menuntut dalam penambangan batubara harus menerapkan prinsip konservasi cadangan batubara. Konservasi cadangan pada intinya merupakan upaya mengoptimalkan keuntungan dan cadangan dengan memilih *Stripping Ratio* yang optimum. Optimasi *Stripping Ratio* itu sendiri merupakan usaha untuk menentukan batas penambangan optimum (*Ultimate Pit Limit*) yang akan memberikan cadangan tertambang optimum [2].

Stripping ratio (SR) menunjukkan perbandingan antara volume tanah penutup yang harus dibongkar untuk mendapatkan satu ton batubara pada areal yang akan ditambang. Dalam pengembangan pit diperlukan penetapan *Break Even Stripping Ratio (BESR)*. BESR merupakan ratio *increment* tambang terakhir sepanjang *pit wall*, dapat diartikan bahwa jika melewati batas BESR maka tidak diperoleh keuntungan dalam usaha penambangan tersebut [3].

Penentuan dan pemilihan pit potensial merupakan langkah awal dalam melakukan evaluasi cadangan batubara. Tujuannya adalah untuk menentukan batas penambangan (*pit limit*), jumlah produksi dan umur serta ekonomis suatu tambang. Salah satu parameter yang paling penting dalam menentukan *pit limit* tersebut adalah nisbah kupas atau *stripping ratio* [4].

Penentuan batas tambang dapat dilakukan dengan pendekatan manual, komputerisasi, atau gabungan dari kedua pendekatan tersebut. Saat ini di PT Manggala Alam Lestari pada pemodelan geologi menggunakan perangkat lunak yang belum dilengkapi dengan aplikasi optimasi pit sehingga untuk penentuan batas pit dilakukan secara manual. Pendekatan manual selama ini bersifat *trial and error* sehingga cukup melelahkan jika harus membuat variasi SR dengan kelipatan kecil sehingga proses ini tidak dilakukan. Penentuan SR hanya dilakukan berdasarkan perhitungan matematis BESR dari besaran *profit* dan *balance*.

Optimasi *Stripping Ratio* akan sangat bergantung pada skenario investasi. Investasi pada Project Mulut Tambang memiliki karakteristik khusus dibandingkan project pertambangan lainnya yaitu adanya kepastian *market* dan kontrak harga secara jangka panjang sehingga tidak fluktuatif seperti harga pasar. Oleh karena itu kesalahan analisa investasi di awal akan secara signifikan berakibat pada jumlah cadangan yang ditambang dan potensial keuntungan tambang.

Penelitian mengenai penentuan batas tambang untuk penentuan *stripping ratio* secara matematis pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Hasil penelitian tersebut menghasilkan hanya satu angka *stripping ratio* [5]. Perhitungan tersebut memiliki kelemahan yaitu SR yang dihasilkan belum tentu titik optimum ekonomis dan nilai waktu dari uang belum dipertimbangkan. Salah satu

metode analisa yang mempertimbangkan nilai waktu dari uang adalah metode *discounted cash flow* (DCF) dimana semua nilai uang dijadikan nilai sekarang atau *Net Present Value* (NPV).

Penelitian mengenai model estimasi berdasarkan NPV pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya pada pemodelan penjadwalan produksi untuk memilih skenario terbaik [6]. Namun tidak spesifik dalam menentukan *stripping ratio* ekonomis. Penelitian ini bertujuan untuk menggabungkan prinsip analisa NPV pada analisa *stripping ratio* optimum yang akan memberikan keuntungan terbaik sehingga batas penambangan optimum (*Ultimate Pit Limit*) juga dapat ditentukan.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan *Stripping Ratio* Optimum yang akan memberikan keuntungan terbaik menggunakan metode *discounted cash flow* sehingga batas penambangan optimum (*Ultimate Pit Limit*) juga dapat ditentukan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di lokasi pertambangan batubara PT Manggala Alam Lestari. Pemilihan lokasi ini dikarenakan lokasi tersebut mengusahakan Mulut Tambang yang terintegrasi dengan PLTU, disamping itu lokasi ini juga mendukung untuk penjualan ke pelabuhan dikarenakan jarak dengan pelabuhan hanya sekitar 22km. Adanya dua peluang tersebut sangat cocok dengan topik penelitian.

Secara administrasi lokasi penelitian termasuk dalam wilayah Kecamatan Bayung Lencir, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. Kesempaian wilayah dapat dicapai melalui jalan darat dari Kota Palembang menuju Kabupaten Musi Banyuasin menggunakan kendaraan roda empat melalui jalan lintas propinsi dengan waktu tempuh sekitar ± 6 jam. Kemudian menuju desa Kaliberau melalui jalan desa dengan waktu tempuh sekitar ± 15 menit.

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan secara primer dan sekunder. Teknik pengumpulan data secara primer untuk mendapatkan data variasi *Stripping Ratio*, pengolahan data parameter teknis, pengolahan data biaya modal, pengolahan data biaya operasional sedangkan teknik pengumpulan data secara sekunder untuk mendapatkan data harga batubara acuan, tingkat inflasi, kondisi geologi, kontrak kerja dan jurnal-jurnal terkait. Data primer bersumber dari a) Pengamatan langsung di lokasi tambang dan b) *Stripping ratio* optimum berdasarkan perhitungan yang dilakukan. Data sekunder yang diperoleh dari berbagai dokumen intansional, perusahaan pertambangan PT Sinar Mas Mining, data penelitian sebelumnya, jurnal dan literatur terkait masalah yang diteliti.

Teknik pengolahan data menggunakan Teknik konvensional *Discounted Cash Flow* (DCF) yang saat ini masih sangat populer dalam penilaian proyek. Mekanisme teknik penilaian DCF adalah dengan *discount* arus kas yang akan dihasilkan dari suatu proyek pada tingkat *discount rate* tertentu.

Discount rate ini timbul sebagai bentuk kompensasi dari risiko yang ditanggung investor akibat adanya ketidakpastian arus kas yang akan diterima serta penyusutan nilai arus kas di depan akibat adanya inflasi. Dengan mendiskonto arus kas kedepan, maka akan dihasilkan nilai ekonomis proyek pada saat ini atau dikenal dengan istilah *Net Present Value* (NPV).

Semua aliran kas pada metode ini dikonversikan menjadi nilai sekarang (P) dan dijumlahkan sehingga P yang diperoleh mencerminkan nilai netto dari keseluruhan aliran kas yang terjadi selama horizon perencanaan. Metode NPV digunakan sebagai metode untuk membandingkan alternatif investasi. Sehingga bunga (i%) yang digunakan disini adalah MARR. Secara matematis NPV [5] dirumuskan seperti Pers. (1) dibawah ini.

$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{A_t}{(1+i)^t} \quad (1)$$

dimana :

- NPV = nilai sekarang pada tingkat bunga i%
- A_t = aliran kas pada akhir periode t.
- i = MARR
- N = Horizon perencanaan (periode)

Investasi yang dilakukan tidak akan memberikan keuntungan yang diharapkan jika NPV lebih kecil dari nol (dibawah MARR). Investasi dikatakan impas atau tidak memberikan dampak keuangan jika NPV sama dengan nol. Sebuah alternatif investasi dikatakan layak jika nilai NPVnya lebih besar dari pada nol. Nilai NPV lebih dari nol ini menunjukkan bahwa tingkat pengembalian investasi ini lebih besar dari MARR [7].

HASIL DAN PEMBAHASAN

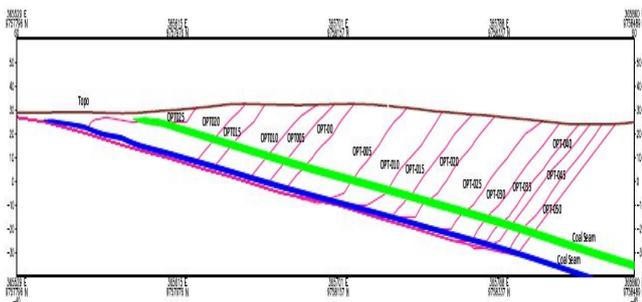
Penentuan *Stripping Ratio* (SR) optimum membutuhkan data awal berupa variasi *Stripping Ratio* yang menggambarkan perbandingan jumlah cadangan batubara dan tanah penutup yang harus dikupas [5]. Variasi *Stripping Ratio* dalam penelitian ini dibuat dengan gradasi *Stripping Ratio* tiga sampai dengan delapan supaya mendapatkan analisis yang lebih detail.

Data *Stripping Ratio* ini di-generate dari perhitungan cadangan pada berbagai *pit limit* yang dibuat. Setiap satu data *stripping ratio* menggambarkan satu bentuk *design pit* penambangan. *Design* ini digambarkan menggunakan software pertambangan sehingga didapatkan hasil seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Gradasi *stripping ratio*

PIT LIMIT	OB	COAL	SR
OPT025	9,146,817	3,106,275	2.9
OPT020	13,698,256	4,058,699	3.4
OPT015	20,695,501	5,344,308	3.9
OPT010	33,697,262	7,523,951	4.5
OPT005	43,955,221	9,064,657	4.8
OPT000	54,209,914	10,485,762	5.2
OPT-005	63,835,448	11,721,742	5.4
OPT-010	74,400,014	12,983,720	5.7
OPT-015	84,377,681	14,095,253	6.0
OPT-020	95,381,872	15,238,805	6.3
OPT-025	108,334,717	16,505,584	6.6
OPT-030	118,238,743	17,423,096	6.8
OPT-035	132,220,142	18,647,595	7.1
OPT-040	145,111,260	19,724,002	7.4
OPT-045	163,704,749	21,197,687	7.7
OPT-050	178,207,466	22,301,590	8.0

Semakin besar *Stripping Ratio* maka *pit limit* akan semakin luas dan cadangan akan semakin banyak, namun disisi lain jumlah tanah penutup yang harus dikupas juga semakin banyak [8]. *Stripping Ratio* kecil juga belum tentu merupakan pilihan terbaik, begitupun sebaliknya *Stripping Ratio* besar belum tentu tidak ekonomis. Penentuan *Stripping Ratio* yang paling ekonomis harus dilakukan dengan analisis keekonomisan terhadap berbagai variasi *pit limit*. Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin besar SR maka semakin besar potensi batubara namun OB yang harus dikupas juga semakin banyak.



Gambar 1. Cross section variasi SR

Penentuan *pit limit* yang akan dijadikan acuan dalam penambangan akan menentukan *Stripping Ratio* yang paling optimum dengan cadangan yang paling menguntungkan untuk penambangan. Oleh karena itu, pertimbangan ekonomi menjadi pertimbangan dalam menentukan *Stripping Ratio* tersebut.

Konsiderasi Ekonomi dalam penambangan terdiri dari parameter Biaya dan Harga. Parameter Biaya terdiri *Capex (Capital Expenditure)* dan *Opex (Operational Expenditure)*, sedangkan harga mengacu pada Harga Batubara Acuan (HBA) atau sesuai kontrak yang telah disepakati secara komersil [7]. Harga yang disepakati saat ini adalah 23.03 \$/Ton yang ditetapkan secara *Business to Business*.

Dalam penelitian ini, *Capex* yang digunakan mengacu pada laporan Studi Kelayakan, dan pada prinsipnya sama untuk setiap poin *Stripping Ratio*. Komponen *capex* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen *Capex* sesuai studi kelayakan

No	Deskripsi	Total Biaya (Rp)	Total Biaya (US\$)
1	Bangunan dan Infrastruktur	8,880,000,000	592,000
2	Peralatan	2,050,000,000	136,667
3	Kendaraan	2,325,000,000	155,000
4	Investasi Studi Kelayakan	4,000,000,000	266,667
5	Pembebasan Lahan Awal	16,000,000,000	1,066,667
Total		33,255,000,000	2,217,000

Selanjutnya, Parameter biaya *Opex* akan berbeda pada setiap variasi *stripping ratio*. Biaya *Opex* akan sangat bergantung pada jumlah produksi sebagai pengali dari parameter biaya. Adapun untuk biaya *Opex* didasarkan pada data *historical* perusahaan pada 1 tahun terakhir. Pengambilan rentang waktu 1 tahun terakhir dengan pertimbangan data update dan kestabilan produksi, karena pada rentang sebelumnya produksi belum stabil sebagai akibat dari belum stabilnya produksi listrik PLTU. Biaya satuan *Opex* ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Biaya satuan *opex*

Activity	Unit	Unit Cost
		US\$
OB Removal	\$/bcm	2.00
Coal Getting	\$/ton	0.86
Hauling Expenses	\$/ton	1.10
Stock Pile	\$/ton	-
Fee Road	\$/ton	0.31
Road Maintenance	\$/ton	0.28

Kegiatan *OB removal* dikontrakkan kepada kontraktor sehingga biaya *OB removal* sudah total sesuai kontrak

kerja. Untuk biaya *coal getting* dan *coal hauling* dikerjakan sendiri dengan sistem rental. Tidak ada biaya stockpile karena batubara langsung diterima di PLTU Mulut Tambang. Selain biaya operasional utama untuk aktivitas pengupasan tanah penutup dan pengangkutan batubara terdapat juga biaya lain-lain sebagai pendukung kegiatan operasional. Biaya-biaya tersebut dikonversikan dalam satuan \$/ton untuk memudahkan dalam melakukan analisis. *Unit cost* komponen biaya kelancaran operasional seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Biaya satuan *opex* lainnya

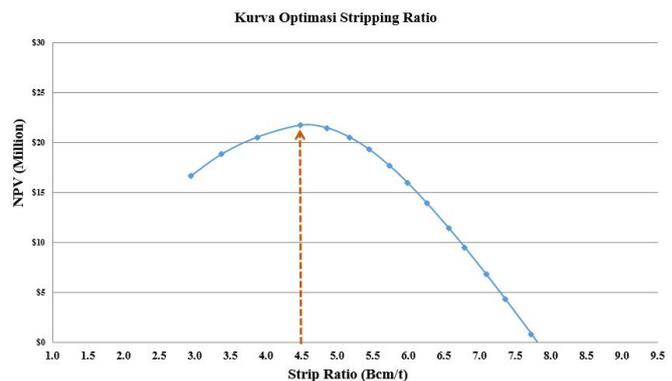
Activity	Unit	Unit Cost
		US\$
Fee Lahan	\$/ton	0.14
Others	\$/ton	0.01
Overhead Site Cost	\$/ton	1.00
Analysis & Survey Expense	\$/ton	0.02
Barging	\$/ton	-
Insurance	\$/ton	-
General & Administrative	\$/ton	0.30

Biaya lainnya merupakan biaya operasional tidak langsung namun harus total dikeluarkan untuk kelancaran operasi penambangan. Angka biaya tersebut merupakan rata-rata berdasarkan *historical data*.

Biaya total merupakan biaya satuan dikalikan dengan jumlah produksi. Untuk simplifikasi, angka produksi dibuatkan flat 1 juta per tahun sesuai dengan target produksi aktual dan batasan produksi studi kelayakan. Komponen *Opex* perlu ditambahkan dengan royalti, PPN, dan *Corporate Tax*. Sedangkan untuk *Capex* perlu di *depresiasi* dan *amortisasi*. Komponen harga jual dalam penelitian ini ditentukan sesuai kontrak perusahaan.

Semua komponen tersebut diatas akan menentukan besaran *Cash Flow* per tahun. *Cash Flow* tersebut kemudian akan di *discount rate* untuk mendapatkan angka *Net Present Value (NPV)*. Angka *NPV* inilah yang kemudian menjadi parameter dalam menentukan *Stripping Ratio* optimum.

Metode ini bersifat deterministik sehingga menggunakan harga tetap yang di diskonto atau disebut dengan istilah *spot price*. Perhitungan *Spot Price* menggunakan harga batubara yang tetap sangat cocok dengan Teori *Discounted Cash Flow* Konvensional yang *deterministik*. Analisis NPV dibuat untuk semua variasi *stripping ratio* untuk didapatkan perbandingan dan dimasukkan dalam kurva optimasi. Gambar 2 menggambarkan kurva optimasi setiap *Stripping Ratio*.

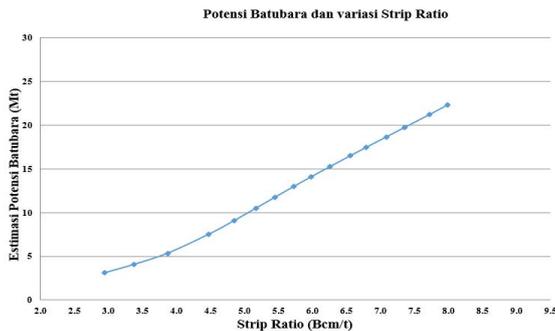


Gambar 2. Kurva optimasi skenario *spot price*

Berdasarkan kurva optimasi tersebut didapatkan bahwa *stripping ratio* optimum adalah 4.5 dengan total cadangan 7.5jt MT dan umur tambang 8 Tahun. *Stripping Ratio* 4.5 didapatkan dari nilai NPV tertinggi dibandingkan *Stripping Ratio* yang lainnya yaitu 21,7 juta US\$. Untuk *Stripping Ratio* 4 nilai NPV didapatkan 20,5 juta US\$ sedangkan untuk SR 4.8 nilai NPV didapatkan 21,4 juta US\$. Sehingga secara nilai ekonomi NPV pit yang paling ekonomis berada pad SR 4.5 di puncak kurva optimasi.

Stripping Ratio (SR) ekonomis berdasarkan kurva perlu dibandingkan dengan angka *Break Even Stripping Ratio* (BESR) pit yang menunjukkan batas *incremental* keekonomisan tambang. Adapun BESR dihitung dengan menjumlahkan semua biaya satuan *OPEX* yaitu 4.02 \$/Ton ditambahkan dengan royalti 5% sehingga total *unit cost* untuk menghasilkan 1 ton batubara adalah 5,04 \$/ton. *Balance* merupakan harga jual dikurangi dengan total *unit cost* sehingga didapatkan 17.99 \$/ton. BESR merupakan pembagian biaya OB dibagi *balance* yaitu 8.99 [9]. BESR menunjukkan batas SR *incremental* dimana ketika melewati angka tersebut tambang menjadi rugi. Sehingga SR optimasi berdasarkan kurva masih dalam batas BESR.

Berdasarkan kurva optimasi pada gambar 1 terlihat juga bahwa pada SR yang lebih tinggi SR 5, SR 6, SR 7 sebenarnya masih memiliki NPV yang positif namun tidak pada titik optimum. Kurva menjadi negatif ketika SR sudah lebih dari 8. Data ini penting untuk pengambil keputusan dalam menentukan SR ekonomis yang digunakan. Profil pengambil keputusan *conservative* tentu cenderung mengambil posisi aman, namun jika profil *risk taker* [10] bisa *menchallance* untuk menaikkan SR menjadi 5 atau 5.5 sehingga didapatkan batubara yang lebih banyak seperti pada Gambar 3 dan umur tambang dapat lebih lama dengan berspekulasi untuk menekan *production cost* dan mengambil resiko ada perubahan harga yang lebih baik ke depan nya.



Gambar 3. Potensi batubara berdasarkan SR

Data SR ekonomis ini akan menjadi *pit limit* penambangan. Rancangan *sequence* penambangan akan mengacu pada model *pit limit* yang telah dirancang [11]. Sehingga dengan adanya *pit limit* ini walaupun *sequence* berubah-ubah sesuai dengan kondisi dan isu operasional tetapi secara *Life of Mine (LOM)* kuantitas cadangan dan besaran NPV sudah terkunci. *Pit Limit* ini bersifat tetap sebelum ada kajian baru karena perubahan parameter ekonomi, oleh karena itu dalam penentuannya sebaiknya dilakukan berdasarkan kurva optimasi sehingga terlihat opsi dan variasi setiap SR.

Metode *discounted cash flow* cocok untuk optimasi *Stripping Ratio* berdasarkan harga kontrak yang berlaku secara jangka panjang seperti PLTU Mulut Tambang. Namun untuk perubahan harga yang fluktuatif dan tingkat ketidakpastian tinggi menggunakan metode ini cenderung kurang efektif [12].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kurva optimasi dimana puncak kurva menunjukkan nilai NPV 21,7 juta US\$ tertinggi diantara variasi *stripping ratio* lainnya maka dapat disimpulkan bahwa *Stripping Ratio* Optimum adalah 4.5 dengan total cadangan 7.5jt MT dan umur tambang 8 Tahun. Dengan demikian *Pit limit* yang optimum mengikuti *Stripping Ratio* yang dipilih tersebut. *Pit Limit* ini dijadikan acuan dalam *sequence* penambangan sehingga penambangan hanya dalam area yang paling ekonomis dalam upaya konservasi cadangan. Analisis ini bersifat deterministik dengan mendasarkan pada skenario *spot price* dan cocok untuk perusahaan dengan kontrak jangka panjang seperti pada PLTU Mulut Tambang.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Kementerian ESDM (2017). *Outlook Energi Nasional tahun 2017* dalam (www.esdm.go.id) diakses Januari 2020.

[2] Aswandi, D., Yulhendra, D.(2013). Redesain Rancangan Ultimate Pit menggunakan software minescape 4.118 di Pit S41 PT. Energi Batu Hitam Kecamatan Muara Lawa

& Siluq Ngurai Kabupaten Kutai Barat Kalimantan Timur. *Jurnal Bina Tambang Vol 4 no 1. ISSN 2302-3333.*

[3] Sasongko, W., Wijaya, KG., Idrus, A. (2012). Analisis Break Even Stripping Ratio dan Desain Pit Tambang Batubara PT.X. *Proceedings PIT IAGI The 41st IAGI Annual Convention & Exhibiton, ISBN: 978-979-8126-24-6 pp: 485-489, Yogyakarta.*

[4] Dimas, TF., Yuliadi. Guntoro, D. (2015). Rancangan Desain Pit Batubara di PT Cakra Persada Mandiri Mining (PT CPMM) Desa Panaan, Kec. Bintang Arakabupaten Barito Utara Provinsi Kalimantan Tengah. *Prosiding Penelitian SPeSIA tahun 2015.*

[5] Khairul, A., Maryanto., Usman, DN. (2016). Perancangan Tambang (Pit Design) dan Pentahapan Tambang Batubara Pit Blok 3 dengan Stripping Ratio 7 : 1 di PT Inti Bara Perdana, Desa Lubuk Sini, Kecamatan Taba Penanjung, Kabupaten Bengkulu Tengah, Provinsi Bengkulu. *Prosiding Teknik Pertambangan Gelombang 2 Tahun 2016* Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung ISSN: 2460-6499, Bandung.

[6] Amar, FH., Nurhakim., Hakim, RN. (2020). Analisis Model Estimasi Net Present Value pada Penjadwalan Penambangan Terbuka Batubara Pit 11 Pt Arutmin Indonesia Site Kintap Kabupaten Tanah Laut. *Jurnal Geosapta Vol. 6 No.1.*

[7] Shafiee, SS., Jaaman, SH. (2015). Monte Carlo On Net Present Value for Capital Investment in Malaysia. *Prosiding 3rd Global Conference on Bussiness and Social Science GCBSS-2015, Malaysia.*

[8] Fadli., Widodo, S., Budiman, A. (2015). Desain Pit Penambangan Batubara Blok C pada PT Intibuana Indah Selaras Kabupaten Nunukan Provinsi Kalimantan Utara. *Jurnal Geomine vol 1 tahun 2015.*

[9] Rifandy, A., Sutan, S. MP. (2018). Optimasi Pit Tambang Terbuka Batubara dengan Pendekatan Incremental Pit Expansion, BESR dan Profit Margin. *Jurnal Geologi Pertambangan Vol 2 No. 24 september 2018.*

[10] Herwono, IS., Anastasia, N. (2013). Jenis Investasi berdasarkan Profil Resiko. *Jurnal Finesta Vol 1 no 2.*

[11] Aryanda, D., Ramli, M., Djamaluddin, H. (2014). Perancangan Sequence Penambangan Batubara Untuk Memenuhi Target Produksi Bulanan. *Jurnal Geosains vol 10 no 2.*

[12] Amini, M., Alijani, F., Mozaffari, Z. (2015). Economic Evaluation of mining projects under conditions of uncertainty for price and operating costs. *International Journal of Innovation and applied studies ISSN 2020-9324 vol.10 No 3, pp 881-890.*