



**PERENCANAAN JANGKA PANJANG AREA *PIT COMPARTMENT 2*
DI BLOK BAHODOPI PT VALE INDONESIA TBK,
PROVINSI SULAWESI TENGAH**

***LONG TERM PLANNING ON PIT COMPARTMENT 2
AT BAHODOPI BLOCK PT VALE INDONESIA TBK,
CENTRAL SULAWESI PROVINCE***

T. Shafira¹, R. N. S. Tui², A. V. Anas³, R. Amalia⁴

¹⁻⁴Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

¹⁻⁴Jl. Poros Malino km. 6 Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan, 92171

e-mail: *¹tasyashafira04@gmail.com, *²rini@unhas.ac.id, *³aryantiv@unhas.ac.id, *⁴rizkiamalialia@unhas.ac.id

ABSTRAK

PT Vale Indonesia Tbk, merupakan salah satu perusahaan pertambangan nikel terbesar di Indonesia dengan luas 70.566 hektar. Salah satu dari bagian Kontrak Karya PT Vale Indonesia adalah Blok Bahodopi yang masih dalam tahap eksplorasi lanjutan. Produksi direncanakan dimulai pada tahun 2023, sehingga dibuat perencanaan jangka panjang penambangan. Tujuan penelitian ini yaitu membuat desain *pit*, *mine haul road*, *disposal*, *dyke* dan *quarry*, mengestimasi total cadangan, melakukan analisis kelayakan investasi dan analisis sensitivitas. Data yang digunakan dalam pembuatan desain adalah data topografi daerah penelitian, model blok, *mine recovery factor* tahun 2021, operasi, geometri jenjang, geometri jalan angkut, dan geometri jenjang *disposal*. Desain *pit compartment* dan perhitungan cadangan diolah menggunakan *software Micromine 2021* dan desain *mine haul road*, *disposal*, *dyke* dan *quarry* menggunakan *software Maptek Vulcan 2020* serta analisis kelayakan investasi dan analisis sensitivitas diolah menggunakan aplikasi *Microsoft Excel*. Perencanaan jangka panjang area *Pit Compartment 2* mempertimbangkan aspek teknis berupa Standar Operasional Prosedur (SOP) dan geometri jenjang. Total tonase material (*overburden* dan *waste*) dan bijih nikel yang dihasilkan pada *Pit Compartment 2* sebanyak 3.602.751 wmt dan 2.359.388 wmt. Hasil estimasi total cadangan nikel yang dihasilkan dari area *Pit Compartment 2* sebanyak 19.942 ton nikel. Hasil analisis kelayakan investasi dengan *discount rate* 7,5% per tahun diperoleh nilai *Net Present Value* sebesar US\$122.206.312. Hasil analisis sensitivitas memperlihatkan bahwa nilai *Net Present Value* paling sensitif terhadap perubahan nilai variabel harga nikel.

Kata Kunci: nikel, perencanaan jangka panjang, desain *pit*, analisis investasi, analisis sensitivitas

ABSTRACT

PT Vale Indonesia Tbk, is one of the largest nickel mining companies in Indonesia with an area of 70,566 hectares. One part of PT Vale Indonesia's Contract of Work is the Bahodopi Block which is still in the advanced exploration stage. Production is planned to start in 2023, so a long-term mining plan is made. The purpose of this research is to design pit, mine haul road, disposal, dyke and quarry, estimate total reserves, conduct investment feasibility analysis and sensitivity analysis. The data used in making the design are topographic data of the research area, block model, mine recovery factor in 2021, operation, ladder geometry, haul road geometry, and disposal ladder geometry. Pit compartment design and reserve calculations were processed using Micromine 2021 software and mine haul road, disposal, dyke and quarry designs using Maptek Vulcan 2020 software as well as investment feasibility analysis and sensitivity analysis processed using the Microsoft Excel application. The long-term planning of the Pit Compartment 2 area considers technical aspects in the form of Standard Operating Procedures (SOP) and ladder geometry. The total tonnage of material (overburden and waste) and nickel ore produced in Pit Compartment 2 was 3,602,751 wmt and 2,359,388 wmt. The estimated total reserves of nickel produced from the Pit Compartment 2 area are 19,942 tonnes of nickel. The results of the investment feasibility analysis with a discount rate of 7.5% per year obtained a Net Present Value of US\$ 122,206,312. The results of the sensitivity analysis show that the Net Present Value is the most sensitive to changes in the value of the nickel price variable..

Keywords: nickel, long term planning, pit design, investment analysis, sensitivity analysis

PENDAHULUAN

Salah satu bagian Kontrak Karya PT Vale Indonesia Tbk adalah area Blok Bahodopi yang terletak di Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah. Blok Bahodopi memiliki luas 22.699 hektar. Area yang akan digunakan sebagai lokasi penambangan adalah *Hill Myara 02* dan saat ini Blok Bahodopi masih dalam tahap eksplorasi lanjutan. Produksi direncanakan dimulai pada tahun 2023, sehingga perencanaan penambangan yang dibuat termasuk dalam kategori *long term planning* (LTP).

LTP merupakan bagian dari *mining engineering* yang bekerja untuk mengatur perencanaan konseptual jangka panjang dari suatu kegiatan penambangan yang akan dilaksanakan. LTP bertanggung jawab pada beberapa kegiatan seperti *pre-mining works*, *haul road*, *disposal* dan *dyke preliminary design* [1]. LTP pada area *Pit Compartment 2* meliputi desain *pit compartment*, *mine haul road*, *disposal*, dan *quarry*.

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Wandy, dkk (2016), desain *pit* adalah suatu kegiatan dalam merencanakan kegiatan produksi pada tambang terbuka. Selain itu, desain *pit* berperan penting untuk memudahkan pengambilan cadangan dari suatu endapan [2]. Berdasarkan studi Marbun dan Alex (2010), desain suatu *pit* bergantung pada bentuk dan arah penyebaran mineral yang akan ditambang. Mineral dengan penyebaran yang begitu luas menyebabkan desain *pit* penambangan yang luas pula. Salah satu metode untuk mengatasi masalah pengelolaan *pit* yang luas adalah metode *pit compartment*. Metode ini membagi *pit* yang luas menjadi beberapa *pit* agar proses penambangannya berdasarkan unit-unit *pit* yang lebih sempit sehingga proses pembuatan *pit* menjadi lebih mudah [3]. PT Vale Indonesia Tbk menggunakan metode tersebut untuk mengurangi pembukaan lahan yang luas pada areal yang terbatas.

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Hardianti dan Halim (2021), desain *pit compartment* menghasilkan tonase material yang terdiri dari material lapisan penutup (*overburden* dan *waste*) dan bijih (*ore*) yang akan ditambang. Bijih nikel akan diangkut menuju *stockpile* sedangkan lapisan penutup (*overburden* dan *waste*) ditimbun di tempat penyimpanan *overburden* (*disposal*). Desain *disposal* yang baik hendaknya dibuat dengan mengikuti rencana produksi yang sudah ditetapkan dan mengikuti kaidah geometri atau parameter geoteknikal yang telah ditetapkan, sehingga desain tersebut dapat mengakomodasi produksi dan aman untuk diimplementasikan [4]. Pada *disposal* dibuat *dyke* yaitu tanggul yang digunakan untuk menghindari longsor akibat material lepas dari *overburden*. *Dyke* berfungsi sebagai penahan *overburden* pada *disposal* agar tidak longsor ke area reklamasi dan area jalan angkut [5].

Untuk menghubungkan *pit* dengan *screening station*, *disposal*, dan *quarry* memerlukan jalan angkut (*hauling road*) sehingga desain jalan angkut yang baik tentunya dapat mendukung kinerja alat angkut yang melaluinya. Oleh karena itu, jalan tambang perlu mendapat perhatian khusus agar dapat menunjang kinerja peralatan mekanis [6].

Pembuatan *mine haul road* dan *disposal*, memerlukan material konstruksi yang berasal dari *quarry*. *Quarry* dalam sistem penambangan adalah jenis tambang terbuka yang diterapkan untuk menambang endapan-endapan bahan galian industri yang menghasilkan material konstruksi yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan material lapis perkerasan jalan tambang dan juga sebagai bahan campuran untuk pembuatan *dyke*. Material *quarry* di PT Vale Indonesia Tbk merupakan material yang berasal dari *bluezone* atau *bedrock* [7].

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Sari, dkk (2018), pada perencanaan jangka panjang tambang seperti di area *Pit Compartment 2* diperlukan analisis kelayakan ekonomi tambang untuk mengetahui bagaimana aliran uang keluar dan masuk pada proses penambangan atau disebut dengan *cash flow*. Investasi tambang adalah kegiatan penanaman modal dan keputusan investasi harus dipersiapkan dengan cermat. Oleh karena itu, analisis investasi tambang merupakan suatu langkah sistematis yang dilakukan untuk mengevaluasi potensi keuntungan pada suatu proyek penambangan [8].

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Diego (2009), Harga dan biaya merupakan risiko pasar kegiatan pertambangan yang mungkin berubah di masa mendatang, sehingga akan memengaruhi keuntungan yang diperoleh. Salah satu analisis risiko yang paling banyak digunakan adalah analisis sensitivitas yaitu analisis yang dilakukan untuk mengetahui akibat ketidakpastian profitabilitas pada investasi dengan mengubah variasi pada salah satu variabel untuk mengetahui perubahan evaluasi ekonomi yang dihasilkan [9]. Analisis sensitivitas dapat mengevaluasi kinerja proyek pada nilai parameter yang berbeda dan mengidentifikasi variabel paling kritis yang memiliki dampak terbesar pada kelayakan proyek [10].

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini terfokus untuk membuat perencanaan jangka panjang pada area *Pit Compartment 2*, *Hill Myara 02*, Blok Bahodopi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dari tanggal 17 November 2021-31 Januari 2022 yang berlokasi di PT Vale Indonesia Tbk, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Data yang diambil terdiri dari:

1. Peta topografi, memberikan gambaran mengenai relief permukaan bumi pada daerah penelitian yang dipakai untuk mendesain *pit compartment*, *mine haul*

road, disposal, dyke dan quarry pada area Hill Myara 02.

2. Model blok, digunakan untuk mengetahui bentuk penyebaran bijih nikel laterit dan sebagai acuan untuk pembuatan pit.
3. Data geometri jenjang pit compartment, disposal, dyke, dan geometri jalan angkut. Data geometri jenjang merupakan data yang berhubungan dengan tinggi jenjang, lebar berm, dan sudut kemiringan lereng (slope). Data ini digunakan dalam pembuatan rancangan pit compartment, disposal dan dyke. Data geometri jalan berhubungan dengan lebar jalan, kemiringan lereng dan kemiringan jalan (grade).
4. Data mine recovery factor tahun 2021, digunakan untuk menentukan cadangan dari pit compartment yang telah didesain.
5. Data capital expenditure, digunakan oleh perusahaan pada saat awal proyek sampai dapat dicapainya tahapan produksi.

Keseluruhan data diolah dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mendesain Pit Compartment
Desain pit compartment dibuat menggunakan software Micromine 2021 dengan memasukkan data topografi, model blok, dan geometri jenjang. Data tersebut menghasilkan desain pit compartment, total tonase material dari overburden dan waste dan estimasi sumber daya dari pit compartment.
2. Mendesain mine haul road, disposal, dyke dan quarry.
Desain mine haul road, disposal, dyke dan quarry dibuat menggunakan software Maptek Vulcan 2020 untuk menentukan volume dan tonase material dari yang telah didesain.
3. Menghitung cadangan pada Pit Compartment 2 dari hasil perhitungan jumlah sumber daya.

4. Menghitung gross revenue dengan mengalikan nikel dalam ton dan harga nikel
5. Mengestimasi biaya yang digunakan selama proses penambangan.
6. Menghitung cash flow.
7. Menganalisis kelayakan investasi tambang dengan menghitung nilai net present value dan menganalisis sensitivitas dengan melihat perubahan nilai net present value (NPV) mengakibatkan perubahan pada tingkat output yang ditunjukkan oleh suatu alternatif investasi. Penelitian ini menggunakan beberapa parameter yang diuji tingkat sensitivitasnya yaitu harga nikel, Operating Expenditure (OpEx) dan Capital Expenditure (CapEx). Analisis sensitivitas dilakukan terhadap parameter jika terjadi peningkatan dan penurunan sebesar 5% - 20% dengan interval 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Pit Compartment

Desain Pit Compartment 2 dibuat menggunakan software Micromine 2021. Data masukan berupa model blok area Pit Compartment 2 dan geometri jenjang rekomendasi dari Geotechnical Section PT Vale Indonesia, Tbk. Pembuatan desain pit compartment dari elevasi terendah pada sebuah model blok menuju elevasi tertinggi dan hal tersebut merupakan cara mendesain pit secara manual.

Desain pit compartment menghasilkan volume material lapisan penutup (overburden), waste dan bijih (ore) yang akan ditambang. Tonase material (wmt) dihitung dengan mengalikan volume hasil desain dengan nilai densitas masing-masing material, yaitu overburden 1,88 kg/m³, waste 1,88 kg/m³ dan ore 1,59 kg/m³. Hasil perhitungan tonase material dari Pit Compartment 02 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan tonase material Pit Compartment 2

Bench	Overburden (m ³)	Waste (m ³)	Ore (m ³)	Overburden (wmt)	Waste (wmt)	Ore (wmt)
915	5.193	-	-	9.763	-	-
910	59.523	-	-	111.903	-	-
905	92.474	-	7.429	173.851	-	11.812
900	91.028	-	59.566	171.133	-	94.710
895	136.597	-	66.140	256.802	-	105.163
890	161.037	-	71.361	302.750	-	113.464
885	199.755	469	117.715	375.539	882	187.167
880	179.011	-	146.024	336.541	-	232.178
875	178.015	625	126.663	334.668	1.175	201.394
870	211.351	469	135.490	397.340	882	215.429
865	181.977	313	159.918	342.117	588	254.270
860	134.115	879	167.832	252.136	1.653	266.853
855	88.606	700	127.417	166.579	1.316	202.593
850	66.498	-	97.739	125.016	-	155.405
845	52.812	-	65.383	99.287	-	103.959
840	36.568	-	48.175	68.748	-	76.598
835	24.849	-	39.941	46.716	-	63.506
830	11.031	-	27.140	20.738	-	43.153

825	2.008	-	13.560	3.775	-	21.560
820	454	-	4.055	854	-	6.447
815	-	-	1.719	-	-	2.733
810	-	-	625	-	-	994
Total	1.912.902	3.455	1.483.892	3.596.256	6.495	2.359.388

Desain Mine Haul Road

Mine haul road merupakan salah satu bagian penting yang mendukung keberhasilan tambang [11]. Desain mine haul road yang efisien sangat penting karena biaya pengangkutan bijih dan limbah sangat bergantung pada hasil desain jalan [12]. Desain new road dan existing road menggunakan software Maptek Vulcan 2020 dengan memasukkan data topografi blok Bahodopi dan geometri jenjang jalan angkut. Volume material timbunan (fill) dan galian (cut) merupakan hasil dari desain new road dan existing road. Tonase material (wmt) dihitung dengan mengalikan volume material dengan nilai densitas material mine haul road yaitu 1,0 kg/m³. Hasil perhitungan tonase material cut dan fill dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan tonase material mine haul road

Keterangan	Tonase Material (wmt)	Panjang Lintasan (m)
New Road Cut	21.125	591
Road Fill	21.586	
Existing Road Cut	281.991	3.249
Road Fill	109.817	

Desain Disposals

Desain disposal menggunakan software Maptek Vulcan 2020 berdasarkan data topografi dan geometri jenjang disposal. Hasil desain Pit Compartment 2 diperoleh total overburden dan waste sebesar 3.602.751 wmt, sehingga dibutuhkan empat disposal sebagai tempat penyimpanan. Disposal yang didesain merupakan tipe induced flow karena memiliki ketinggian awal lereng tempat penonngkangan (dumping point) lebih dari 30 meter. Disposal 1 memiliki tinggi 46 meter dengan luas yaitu 33.930 m², disposal 2 memiliki tinggi 42,5 meter dengan luas 31.630 m², disposal 3 memiliki tinggi 31 meter dengan luas 21.300 m², dan disposal 4 memiliki tinggi 54 meter dengan luas 20.170 m². Tonase material (wmt) dari disposal dihitung dengan mengalikan volume material dengan nilai densitas disposal yaitu 2,1 kg/m³. Hasil perhitungan tonase material dari disposal dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan tonase material disposal

Area	Disposal	Luas Area (m ²)	Tonase Material (wmt)
Myara 02	1	33.930	1.951.183
	2	31.630	523.008
	3	21.300	560.680

Area	Disposal	Luas Area (m ²)	Tonase Material (wmt)
	4	20.170	780.740
Total		107.030	3.815.611

Desain Dyke

Desain dyke dibuat menggunakan software Maptek Vulcan 2020 berdasarkan data topografi daerah penelitian dan geometri jenjang. Dyke dibuat selalu mengikuti aliran disposal. Dyke 1 mengikuti aliran disposal 1 dan disposal 2 dengan panjang 663 meter, tinggi 9 meter dan lebar 5 meter. Dyke 2 mengikuti aliran disposal 1 dan disposal 3 dengan panjang 403 meter, tinggi 11 meter dan lebar 5 meter. Dyke 3 mengikuti aliran disposal 4 dengan panjang 385 meter, tinggi 8 meter dan lebar 5 meter. Desain dyke menghasilkan volume material yang digunakan dalam pembuatan dyke, tonase material (wmt) dyke dihitung dengan mengalikan volume material dengan nilai densitas dyke yaitu 1,0 kg/m³. Hasil perhitungan tonase material dari dyke dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Tonase material dyke

Area	Dyke	Volume Material (m ³)	Tonase Material (wmt)
Myara 02	1	16.269,671	16.269,671
	2	43.491,056	43.491,056
	3	6.496,330	6.496,330

Desain Quarry

Desain quarry dibuat pada daerah dataran tinggi yang dekat dengan jalan tambang untuk memudahkan pengambilan material konstruksi. Quarry yang didesain memiliki luas 87.724,821 m². Desain quarry menghasilkan volume material yang dibutuhkan untuk pengerasan jalan dan pembuatan dyke. Tonase material (wmt) konstruksi dihitung dengan mengalikan volume material dengan nilai densitas material konstruksi yaitu 2,4 kg/m³. Hasil perhitungan tonase material dari quarry yang telah didesain dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Tonase material konstruksi

Material konstruksi	Tonase Material
Material required	1.183.250 wmt
Tonase material dari hasil desain Resources dari hasil desain	576.225 wmt
	1.382.939 wmt

Perhitungan Cadangan

Perhitungan cadangan dilakukan untuk mengetahui kandungan nikel yang terdapat pada area *Pit Compartment 2*. Perhitungan dari bijih menjadi cadangan nikel menggunakan Persamaan 1-4.

$$SSP = Ore \times Recovery\ SPP \quad (1)$$

$$DKP = Ore \times Recovery\ DKP \quad (2)$$

$$Ni\ Plan = Ni\ Mine \times (1 - Dilution\ Plan) \quad (3)$$

$$Ton\ Ni = \frac{DKP \times Ni\ Plan}{100} \times Percent\ Adjustment\ PRC \quad (4)$$

Keterangan

DKP = *Dry Kiln Product*

SSP = *Screening Station Product*

Sumber daya yang diperoleh dikalikan dengan *mine recovery factor* untuk memperoleh cadangan dari masing-masing *pit compartment*. Hasil perhitungan cadangan *Pit Compartment 2* dapat dilihat pada Tabel 6.

Perhitungan Gross Revenue

Perhitungan *gross revenue* adalah perkiraan dana yang masuk atau diterima oleh perusahaan sebagai hasil penjualan produksi endapan bahan galian yang dihasilkan sesuai dengan skenario produksi dan harga yang direncanakan. Harga nikel yang digunakan berdasarkan harga penutupan *London Metal Exchange (LME)* tahun 2022 dan diasumsikan sama hingga tahun 2025 yaitu US\$22.332 karena dilakukan analisis sensitivitas untuk memprediksi hasil dari harga nikel yang diberikan rentang variabel tertentu. Hasil perhitungan *gross revenue* dari perencanaan jangka panjang area *Pit Compartment 2* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6. Hasil perhitungan cadangan *Pit Compartment 2*

<i>Compartment</i>	<i>Bench</i>	<i>Ore (m³)</i>	<i>SSP (wmt)</i>	<i>DKP (dmt)</i>	<i>Ton Ni</i>
	915	-	-	-	-
	910	-	-	-	-
	905	7.429	9.450	5.788	100,50
	900	59.566	75.768	46.408	856,65
	895	66.140	84.130	51.530	857,89
	890	71.361	90.771	55.597	995,41
	885	117.715	149.733	91.712	1.724,87
	880	146.024	185.743	113.767	1.973,40
	875	126.663	161.115	98.683	1.732,43
	870	135.490	172.343	105.560	1.881,77
	865	159.918	203.416	124.592	2.155,16
2	860	167.832	213.482	130.758	2.197,57
	855	127.417	162.074	99.271	1.677,79
	850	97.739	124.324	76.148	1.232,05
	845	65.383	83.167	50.940	823,59
	840	48.175	61.279	37.533	629,99
	835	39.941	50.805	31.118	514,26
	830	27.140	34.522	21.145	343,92
	825	13.560	17.248	10.565	165,79
	820	4.055	5.158	3.159	48,73
	815	1.719	2.187	1.339	22,96
	810	625	795	487	7,40
Total		1.483.892	1.887.511	1.156.100	19.942,15

Tabel 7. Hasil dari perhitungan pendapatan (*revenue*)

Parameter	Tahun			
	2022	2023	2024	2025
	0	1	2	3
<i>Ton Ni (Ton)</i>	-	6.986	6.811	6.145
<i>Nickel Price (US\$)</i>	-	22.332	22.332	22.332
<i>Sales Cost (US\$)</i>	-	4.485	4.485	4.485
<i>Realised Nickel Price (US\$)</i>	-	17.847	17.847	17.847
<i>Gross Revenue</i>	-	124.684.788	121.550.110	109.678.549



Estimasi Biaya Penambangan

Perhitungan dan analisa biaya dalam industri pertambangan lebih dikenal pengelompokan biaya menjadi *operating expenditure* dan *capital expenditure*

1. Estimasi *Operating Expenditure*

Operating expenditure adalah dana yang dikeluarkan oleh perusahaan agar tetap menjaga kelangsungan

aset serta menjamin aktivitas proyek penambangan dapat beroperasi atau berjalan dengan baik sesuai yang direncanakan. Hasil perhitungan *operating expenditure* dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil perhitungan *operating expenditure*

Paramter	Tahun			
	2022 0	2023 1	2024 2	2025 3
Mining (US\$)	-	-11.932.482	-10.683.533	-9.203.697
Process Plant (US\$)	-	-19.776.471	-19.743.223	-18.281.953
Utilities (US\$)	-	-1.471.942	-1.448.714	-1.408.552
Other Costs of Sales (US\$)	-	-12.937.089	-12.994.140	-12.668.858
Management Service Assistance, License & Royalty (US\$)	-	-313.600	-313.600	-297.680
SG&A, Audit and R&D (US\$)	-	-1.098.773	-1.098.773	-1.042.994
Total OpEx (US\$)	-	-47.530.356	-46.281.982	-42.903.734

2. Estimasi *Capital Expenditure*

Capital expenditure adalah dana yang dikeluarkan oleh perusahaan pada saat awal proyek sampai dapat

dicapainya tahapan produksi. Hasil perhitungan *capital expenditure* dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil perhitungan *capital expenditure*

Parameter	Tahun			
	2022 0	2023 1	2024 2	2025 3
1. Perabotan dan peralatan (Kantor) (US\$)	-8.946.593	-	-	-
2. Biaya Peralatan (US\$)	-17.739.843	-	-	-
a. Backhoe ZX 870 (US\$)	-1.921.733	-	-	-
b. Loader 992 (CAT 992) (US\$)	-1.647.778	-	-	-
c. Loader 988 (CAT 988F) (US\$)	-910.082	-	-	-
d. Dozer Face (CAT D8R LGP) (US\$)	-1.350.000	-	-	-
e. Truk 100T (777D) (US\$)	-3.053.333	-	-	-
f. Truk 50T (HD 465) (US\$)	-6.079.053	-	-	-
g. 50T Trailer (US\$)	-2.777.864	-	-	-
Total CapEx (US\$)	-26.686.436	-	-	-

Perhitungan *Cash Flow*

Net cash flow adalah keuntungan bersih setelah dikurangi biaya pajak. Hasil perhitungan *net cash flow* dapat dilihat pada Tabel 10.

Analisis kelayakan investasi

Analisis kelayakan investasi merupakan analisis yang dijadikan parameter dalam menentukan apakah investasi akan mendapatkan profit atau tidak [13]. Parameter yang digunakan dalam analisis kelayakan investasi yaitu nilai NPV. Besar NPV yang diperoleh adalah US\$122.206.312.

Tabel 10. Hasil Perhitungan *net cash flow*

Parameter	Tahun			
	2022	2023	2024	2025
	0	1	2	3
Produksi (Ton)	0	6.986	6.811	6.145
Harga Nikel (US\$)	-	22.332	22.332	22.332
Biaya Penjualan (US\$)	-	4.913	4.913	4.913
Realisasi Harga Nikel (US\$)	-	17.847	17.847	17.847
Gross Revenue (US\$)	-	121.692.319	118.632.875	107.046.234
Biaya Operasi (US\$)	-	-47.530.356	-46.281.982	-42.903.734
1. Mining Cost (US\$)	-	-11.932.482	-10.683.533	-9.203.697
2. Process Plant (US\$)	-	-19.776.471	-19.743.223	-18.281.953
3. Utilities (US\$)	-	-1.471.942	-1.448.714	-1.408.552
4. Other Costs of Sales (US\$)	-	-12.937.089	-12.994.140	-12.668.858
5. Management Service Assistance, License & Royalty (US\$)	-	-313.600,00	-313.600,00	-297.680
6. SG&A, Audit and R&D (US\$)	-	-1.098.772,79	-1.098.772,79	-1.042.994
Biaya Kapital (US\$)	-26.686.436	-	-	-
1. Perabotan dan peralatan (Kantor) (US\$)	-8.946.593	-	-	-
2. Biaya Peralatan (US\$)	-17.739.843	-	-	-
a. Backhoe ZX 870 (US\$)	-1.921.733	-	-	-
b. Loader 992 (CAT 992) (US\$)	-1.647.778	-	-	-
c. Loader 988 (CAT 988F) (US\$)	-910.082	-	-	-
d. Dozer Face (CAT D8 R LGP) (US\$)	-1.350.000	-	-	-
e. Truk 100T (777D) (US\$)	-3.053.333	-	-	-
f. Truk 50T (HD 465) (US\$)	-6.079.053	-	-	-
g. 50T Trailer (US\$)	-2.777.864	-	-	-
Depresiasi (US\$)	-	-4.442.628	-4.442.628	-4.442.628
a. Properti (US\$)	-	-894.659	-894.659	-894.659
b. Equipment (US\$)	-	-3.547.969	-3.547.969	-3.547.969
Total Biaya Pengeluaran (US\$)	-26.686.436	-51.972.984	-50.724.610	-47.346.362
Earning Before Interest and Tax (EBIT) (US\$)	-26.686.436	-69.719.335	-67.908.265	-59.699.872
Pajak Penghasilan (20%) (US\$)	-	13.943.867	13.581.653	11.939.974
Earning After Interest and Tax (EAIT) (US\$)	-26.686.436	55.775.468	54.326.612	47.759.898
Depresiasi (US\$)	-	4.442.628	4.442.628	4.442.628
Cash Flow (US\$)	-26.686.436	60.218.096	58.769.240	52.202.526
Discount Rate	1	0,93	0,87	0,81
Discounted Cash Flow (US\$)	-26.686.436	56.016.834	50.854.940	42.020.975

Analisis sensitivitas

Analisis sensitivitas adalah suatu analisis yang dilakukan untuk mengetahui akibat perubahan nilai parameter-parameter tertentu terhadap *output* yang dihasilkan. Analisis ini dapat digunakan sebagai masukan untuk menentukan risiko dari proyek tersebut [14]. Parameter-parameter yang diduga memengaruhi perubahan *Net Present Value* (NPV) adalah harga nikel, *Operating Expenditure* (OpEx) dan *Capital Expenditure* (CapEx). Rentang perubahan nilai masing-masing parameter adalah -20% sampai +20% dengan interval 5%.

1. Harga Nikel

Harga nikel adalah biaya yang harus dibayarkan konsumen kepada perusahaan untuk mendapatkan nikel. Harga nikel yang digunakan hasil dari selisih antara

harga nikel dengan biaya penjualan sebesar US\$17.847. Analisis sensitivitas digunakan untuk mengetahui pengaruh perubahan harga terhadap nilai *Net Present Value* (NPV) yang diperoleh. Pada tingkat sensitivitas 0%, nilai NPV yang digunakan dari selisih antara jumlah nilai saat ini dari arus kas yang diharapkan dengan investasi awal. Hasil analisis sensitivitas nilai *net present value* (NPV) akibat perubahan harga dapat dilihat pada Tabel 11. Perubahan harga nikel berbanding lurus terhadap *Net Present Value* (NPV) dari perencanaan jangka panjang area *Pit Compartment* 2. Pada saat harga nikel naik sebesar 5% maka nilai NPV akan naik sebesar 12,36%.

Tabel 11. Analisis sensitivitas nilai NPV terhadap perubahan harga nikel

Parameter	Tingkat Sensitivitas (%)	NPV (US\$)
Realisasi Harga Nikel	20	182.611.722
	15	167.510.370
	10	152.409.017
	5	137.307.665
	0	122.206.312
	-5	107.104.960
	-10	92.003.607
	-15	76.902.254
	-20	61.800.902

2. Biaya Operasi

Biaya Operasi (*Operating expenditure*) adalah biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan selama proses penambangan. Analisis sensitivitas digunakan untuk mengetahui pengaruh perubahan *operating expenditure* terhadap nilai *net present value* (NPV) dari perencanaan jangka panjang area *Pit Compartment 2* tambang yang diperoleh. Pada tingkat sensitivitas 0%, nilai NPV yang digunakan dari selisih antara jumlah biaya operasi dari tahun 2023-2025 dengan biaya operasi tahun 2022. Hasil analisis sensitivitas pada nilai *Net Present Value* (NPV) akibat perubahan *operating expenditure* dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Analisis sensitivitas nilai NPV terhadap perubahan *operating expenditure*.

Parameter	Tingkat Sensitivitas (%)	NPV (US\$)
<i>Operating Expenditure</i>	20	98.446.431
	15	104.386.401
	10	110.326.371
	5	116.266.342
	0	122.206.312
	-5	128.146.282
	-10	134.086.253
	-15	140.026.223
	-20	145.966.194

Perubahan *operating expenditure* berbanding terbalik terhadap nilai *net present value* (NPV) yang diperoleh. Pada saat *operating expenditure* naik sebesar 5% maka nilai NPV akan turun sebesar 4,86%.

3. Biaya Kapital

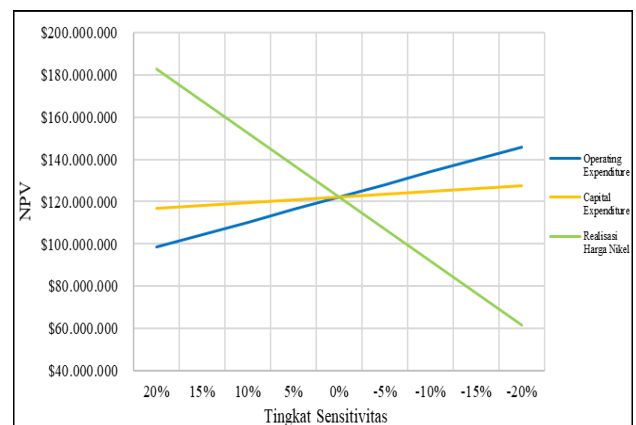
Biaya Kapital (*Capital expenditure*) adalah biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan selama proses pengolahan nikel. Analisis sensitivitas digunakan untuk mengetahui pengaruh perubahan *capital expenditure* terhadap nilai *net present value* (NPV) yang diperoleh. Pada tingkat sensitivitas 0%, nilai NPV yang digunakan dari selisih antara jumlah biaya kapital dari tahun 2023-2025 dengan biaya kapital tahun 2022. Analisis

sensitivitas *net present value* (NPV) akibat perubahan *capital expenditure* dapat dilihat pada Tabel 13.

Berdasarkan Tabel 14, Perubahan *capital expenditure* berbanding terbalik terhadap nilai *net present value* (NPV). Pada saat *capital expenditure* naik sebesar 5% maka nilai NPV akan turun sebesar 1,09%.

Tabel 13. Analisis sensitivitas nilai NPV terhadap perubahan *capital expenditure*

Parameter	Tingkat Sensitivitas (%)	NPV (US\$)
<i>Capital Expenditure</i>	20	116.869.025
	15	118.203.347
	10	119.537.668
	5	120.871.990
	0	122.206.312
	-5	123.540.634
	-10	124.874.956
	-15	126.209.277
	-20	127.543.599



Gambar 1. Grafik analisis sensitivitas nilai NPV terhadap perubahan masing-masing variabel.

Hasil analisis sensitivitas menunjukkan jika terjadi kenaikan nilai parameter sebesar 20%, maka nilai *net present value* (NPV) menjadi US\$182.611.722 untuk perubahan harga nikel, US\$98.446.431 untuk perubahan *operating expenditure* dan US\$116.869.025 untuk perubahan *capital expenditure*. Jika terjadi penurunan nilai sebesar 20%, maka nilai *net present value* (NPV) menjadi US\$61.800.902 untuk perubahan harga nikel, US\$145.966.194 untuk perubahan *operating expenditure* dan US\$127.543.599 untuk perubahan *capital expenditure*. Harga nikel merupakan variabel yang paling memengaruhi nilai NPV dari perencanaan jangka panjang area *Pit Compartment 2* karena pada setiap kenaikan tingkat sensitivitas sebesar 5% maka nilai NPV naik sebesar 12,36% sehingga terjadi perubahan yang paling signifikan terhadap nilai NPV perencanaan jangka panjang area *Pit Compartment 2*.



KESIMPULAN

Desain *Pit Compartment 2* dibuat dengan bantuan *software Micromine 2021* menggunakan model blok area *Pit Compartment 2* sebagai data masukan *Pit Compartment 2* dan geometri jenjang sebagai data masukan. Desain pada perangkat lunak bekerja dengan metode pengambilan blok bijih (*ore*) yang dimulai dari elevasi terendah menuju elevasi tertinggi dari model blok. Sedangkan untuk desain *mine haul road, disposal, dan quarry* menggunakan *software Maptek Vulcan 2020* dengan menggunakan data topografi, geometri jalan angkut dan geometri jenjang. Pembuatan desain *pit compartment, mine haul road, disposal, dan quarry* harus sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) agar aman ketika dilakukan kegiatan penambangan, sehingga faktor teknis tidak bisa diabaikan pada saat mendesain. Faktor teknis yang paling penting untuk diperhatikan adalah rekomendasi geometri jenjang dan geometri jalan angkut dari *Geotechnical Section* PT Vale Indonesia, Tbk. Hasil analisis kelayakan investasi dengan *discount rate* sebesar 7,5% per tahun didapatkan nilai NPV sebesar US\$122.206.312. Berdasarkan nilai NPV diatas maka pembangunan area penambangan layak dilaksanakan dan hasil analisis sensitivitas memperlihatkan bahwa variabel yang paling sensitif dalam aliran kas terhadap nilai NPV adalah harga nikel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Vale Indonesia Tbk, serta seluruh pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan kegiatan penelitian ini terutama pada proses pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT Vale Indonesia Tbk., (2021). *Annual Report: Responsible Contribution For Better Life*. Jakarta.
- [2] Wandy, M., Saismana, U., Riswan, R., Hakim, R.N., Gusfrmanuel, G., (2016). Perhitungan Cadangan Batubara dan Perancangan *Pit* PT Anugrah Karya Raya, Desa Penain, Kec. Teweh Tengah Kabupaten Barito Utara, Kalimantan Tengah, *Jurnal GEOSAPTA*, 1(1).
- [3] Marbun, G., Alex, F., (2010). *SJP Update Reserve Pit Compartment*. Sorowako: PT. INCO Tbk.
- [4] Hardianti, S., Halim., (2021). *Perencanaan Disposal Area serta Sequence Timbunan Overburden Guna Mengakomodasi Produksi Bulan Juli Tahun 2020 di PT. X*. Palembang: Politeknik Akamigas Palembang.
- [5] Askuri, N., Ben, E.A. (2011). *In Pit and External Oil Sands Dyke Construction Scheduling using Goal Programming*. Canada: University of Alberta, Edmonton
- [6] Rifandy, A., Hefni., (2016). Kajian Teknis Geometri Jalan Hauling pada PT. Guruh Putra Bersama Site Desa Gunung Sari Kecamatan Tabang Kabupaten Kutai Kartanegara, *Jurnal Geologi Pertambangan*, 1(19).
- [7] PT Vale Indonesia Tbk., (2017). *Sustainability Report*. Jakarta.
- [8] Sari, K., Sawaki, M., Sabarofek, M., (2018). Pengaruh Analisis Investasi Terhadap Kelayakan Penambangan Batu Mangan di PT. Berkat Esa Mining, *Jurnal Science Tech*, 4(1).
- [9] Diego, A., (2009). Reduction of Uncertainty Using Sensitivity Analysis Methods for Infinite Random Sets of Indexable Type, *International Journal of Approximate Reasoning*, 50(5).
- [10] Anas, AV., Amalia, R., Qaidahiyani, NF., Djamaluddin., Herin, SRD., (2020). Sensitivity Analysis of Net Present Value due to Optimal Pit Limit in PT Ceria Nugraha Indotama, Kolaka Regency, Southeast Sulawesi Province, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 875 (1), pp. 012050.
- [11] Baek, J., Choi, Y., (2017). *A New Method for Haul Road Design in Open-Pit Mines to Support Efficient Truck Haulage Operations*. Korea: Pukyong National University.
- [12] PT. Vale Indonesia Tbk., (2020). *Standard Job Procedure Road Design*. Sorowako.
- [13] Afaz, T., Gusman, M., (2020). Analisis Kelayakan Investasi Menggunakan Metode *Discounted Cash Flow* pada Tambang Aspal PT. Wijaya Karya Bitumen di Desa Nambo Kecamatan Lasalimu, Kabupaten Buton, Sulawesi Tenggara, *Jurnal Bina Tambang*, 6(6).
- [14] Brigham, EF., Houston., (2006). *Fundamental of Financial Management: Dasar-Dasar Manajemen Keuangan*, Edisi 10. Jakarta: Salemba Empat.