

Analisis Eksplorasi Potensi Estimasi sumber Daya dan Cadangan Batuan Andesit di Lombok Timur Menggunakan Metode Cross Section

Erwin Rangga Fitriawan¹, Ariyanto¹, Bedy Fara Aga Matrani¹, Alpiana¹, Fadli²,
Rugaya¹, Muhammad Fathin Firaz¹

¹ Universitas Muhammadiyah Mataram, Jl. KH Ahmad Dahlan, Indonesia

² Institut Teknologi Yogyakarta, Indonesia

* Corresponding author: erwinrangga2@gmail.com

Received: Jun 9, 2026; Accepted: Jun 20, 2026.

DOI: <https://doi.org/10.31764/jpl.v7i1.40826>

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik geologi, mengidentifikasi sebaran endapan mineral, serta mengevaluasi potensi sumber daya sebagai dasar dalam perencanaan kegiatan penambangan. Tahapan penelitian meliputi pemetaan geologi, interpretasi data pemboran, korelasi lapisan mineral, pemodelan geologi tiga dimensi, dan estimasi sumber daya menggunakan metode *cross section*. Metode ini dipilih karena mampu merepresentasikan variasi geometri tubuh mineral berdasarkan penampang melintang sehingga menghasilkan estimasi volume dan tonase yang lebih representatif. Pemodelan geologi dilakukan untuk menggambarkan bentuk, ketebalan, kontinuitas, dan penyebaran endapan mineral, sedangkan perhitungan sumber daya dilakukan berdasarkan luas penampang, jarak antar penampang, berat jenis material, serta parameter geologi yang diperoleh dari hasil eksplorasi. Hasil penelitian berdasarkan pengolahan data primer dan analisis yang dilakukan menggunakan metode *cross-section* yang didukung oleh pemodelan topografi *Global Mapper*. Sisa tanah memiliki volume 44.120 m³, atau 112.506 ton, sedangkan andesit memiliki volume 65.560 m³, atau 167.178 ton. Secara keseluruhan, sumber daya yang diukur berjumlah 109.680 m³, dengan tonase total 279.684 ton. Hasil ini menunjukkan bahwa tubuh batuan andesit memiliki geometri yang relative kontinu, ketebalan yang stabil di sepanjang lintasan penampang, dan batas litologi yang jelas. Di bawah kondisi ini, potensi material dapat dipecah menjadi sumber daya yang terukur (*Measured Resource*). Estimasi sumber daya yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan teknis untuk perencanaan eksplorasi lanjutan dan perencanaan awal kegiatan penambangan.

Kata Kunci: endapan mineral, pemodelan geologi, estimasi sumber daya, *cross section*, volume, tonase.

Abstract. This study aims to analyze geological characteristics, identify mineral deposits, evaluate their mining feasibility, and estimate mineral resources through geological modeling and resource estimation using the cross-section method. The research methodology includes geological mapping, drillhole data interpretation, lithological and mineral correlation, three-dimensional geological modeling, and resource estimation based on cross-sectional analysis. The cross-section method was selected because it effectively represents the geometry, thickness, continuity, and spatial distribution of mineralized zones, thereby providing reliable estimates of ore volume and tonnage. Geological modeling was conducted to define the geometry and continuity of the mineral deposits, while resource estimation was performed using cross-sectional areas, section spacing, rock density, and geological parameters obtained from exploration data. The research findings are based on primary data processing and analysis using the cross-section method, supported by *Global Mapper* topographic modeling. The overburden has a volume of 44,120 m³ (112,506 tonnes), while the andesite has a volume of 65,560 m³ (167,178 tonnes). Overall, the measured resource amounts to 109,680 m³, with a total tonnage of 279,684 tonnes. These results indicate that the andesite rock body possesses a relatively continuous geometry, consistent thickness along the cross-section traverses, and distinct lithological boundaries. Under these conditions, the material potential can be classified as a *Measured Resource*. The estimated resources obtained can serve as a technical basis for planning further exploration and preliminary mining operations.

Keywords: *mineral deposits, geological modeling, mineral resource estimation, cross-section method, ore volume, ore tonnage.*

1. Pendahuluan

Sektor pertambangan memegang peranan penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi global melalui penyediaan berbagai jenis mineral dan bahan galian yang menjadi bahan baku utama bagi sektor industri, pembangunan infrastruktur, energi, serta kebutuhan masyarakat (Nakanwagi, 2023). Kondisi ini mendorong kegiatan eksplorasi dilakukan secara lebih intensif dan terarah untuk menemukan cadangan mineral baru yang layak dikembangkan secara teknis maupun ekonomis (Yang et al., 2024). Dalam praktiknya, keberhasilan industri pertambangan tidak hanya ditentukan oleh besarnya potensi endapan, tetapi juga oleh kualitas data eksplorasi yang akurat, karena data tersebut menjadi dasar penting dalam pemodelan geologi, estimasi sumber daya, perencanaan penambangan, serta pengambilan keputusan investasi jangka panjang (Lindi et al., 2024).

Eksplorasi pertambangan merupakan tahap awal yang penting dalam rangkaian kegiatan pertambangan karena pada tahap ini potensi suatu endapan mulai dikenali dan dipahami secara lebih terarah. Kegiatan eksplorasi dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai kondisi geologi, karakteristik endapan, penyebaran mineralisasi, serta potensi ekonomi bahan galian, sehingga keputusan pengembangan tambang dapat didasarkan pada data yang lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Dalam pelaksanaannya, eksplorasi meliputi pemetaan geologi, pengambilan sampel, pemboran eksplorasi, analisis laboratorium, hingga interpretasi data untuk mengetahui bentuk, ukuran, kualitas, dan kontinuitas endapan mineral (McManus et al., 2021). Informasi yang diperoleh dari tahapan tersebut kemudian menjadi dasar dalam penyusunan model geologi dan estimasi sumber daya mineral, terutama untuk meningkatkan tingkat keyakinan terhadap kondisi endapan serta mengurangi ketidakpastian dalam perencanaan tambang (Reid et al, 2023)

Sumber daya mineral merupakan konsentrasi atau akumulasi material alami yang terdapat di dalam atau pada kerak bumi dengan bentuk, kadar, kualitas, dan kuantitas yang memiliki prospek ekonomi untuk dieksploitasi. Estimasi sumber daya dilakukan berdasarkan bukti geologi dan tingkat keyakinan data hasil eksplorasi, yang selanjutnya diklasifikasikan menjadi *Inferred Resource*, *Indicated Resource* dan *Measured Resource* sesuai dengan tingkat kepercayaan terhadap data yang tersedia. Klasifikasi tersebut telah diadopsi secara internasional melalui berbagai standar pelaporan sumber daya mineral seperti JORC Code, CRIRSC, dan KCMI Code Indonesia (Jorc, 2012; Crirsc, 2019; KCMI, 2017).

Cadangan mineral merupakan bagian dari sumber daya mineral yang telah terbukti layak untuk ditambang secara ekonomis setelah mempertimbangkan berbagai faktor pengubah atau *modifying factors*, seperti metode penambangan, kondisi geoteknik, metalurgi, aspek lingkungan, regulasi, pemasaran, biaya operasional, serta hasil studi kelayakan tambang (Putra et al., 2022). Berdasarkan tingkat keyakinannya, cadangan mineral diklasifikasikan menjadi *Probable Reserve* dan *Proved Reserve*, yang kemudian menjadi dasar dalam penyusunan rencana penambangan, penjadwalan produksi, serta evaluasi investasi proyek pertambangan agar kegiatan penambangan dapat berjalan layak secara teknis dan ekonomis (Sudrajat et al., 2024).

Salah satu metode yang banyak digunakan dalam estimasi sumber daya mineral adalah metode *cross section* atau metode penampang. Metode ini dilakukan dengan menyusun penampang geologi berdasarkan data pemboran, singkapan, peta topografi, atau data bawah permukaan, kemudian menghitung luas tubuh bahan galian pada setiap penampang (Nainggolan, 2022). Luas dari setiap penampang tersebut selanjutnya dikalikan dengan jarak antarpemampang untuk memperoleh volume endapan, lalu dikonversi menjadi tonase dengan menggunakan nilai densitas atau berat jenis batuan/bijih. Metode *cross section* dinilai cukup sederhana, mudah diterapkan, dan masih banyak digunakan pada endapan yang memiliki geometri relatif sederhana serta kontinuitas yang baik, seperti batugamping, andesit, pasir batu, dan bahan galian batuan lainnya (Gautama et al., 2022). Dalam penerapannya, metode ini juga dapat dikombinasikan dengan bantuan perangkat lunak pemetaan atau pemodelan seperti Surfer untuk menghasilkan peta topografi, membuat sayatan, serta menghitung volume sumber daya secara lebih terarah (Patabang, 2023).

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif yang bertujuan untuk memperoleh data yang akurat dan representatif mengenai kondisi geologi, karakteristik tubuh batuan, serta estimasi sumber daya mineral pada daerah penelitian. Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis mulai dari pengumpulan data lapangan, pengolahan data, pemodelan geologi, hingga estimasi sumber daya menggunakan metode *Cross Section*. Metode ini dipilih karena mampu menggambarkan bentuk geometri endapan berdasarkan kondisi geologi aktual sehingga menghasilkan estimasi volume dan tonase yang cukup representatif pada endapan yang memiliki kontinuitas relatif seragam (Sinclair, 2002; JORC, 2012).

2.1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh secara langsung melalui kegiatan lapangan. Pengumpulan data meliputi observasi geologi, pemetaan geologi permukaan, pengukuran koordinat singkapan menggunakan *Global Positioning System (GPS)*, pengukuran arah jurus (*strike*) dan kemiringan (*dip*) menggunakan kompas geologi, dokumentasi lapangan, serta pengambilan sampel batuan pada setiap titik pengamatan. Data primer tersebut digunakan untuk mengidentifikasi litologi, struktur geologi, penyebaran endapan, ketebalan batuan, serta batas-batas tubuh mineral sebagai dasar penyusunan model geologi. Penggunaan data primer memberikan tingkat kepercayaan yang lebih tinggi terhadap interpretasi geologi karena diperoleh langsung dari kondisi aktual di lapangan (Darling, 2011).

2.2. Pengolahan Data Geologi

Data hasil pengamatan lapangan selanjutnya diolah melalui proses koreksi koordinat, digitasi peta, interpretasi geologi, serta penyusunan model topografi. Peta topografi digunakan sebagai dasar untuk menentukan batas area penelitian dan membangun model permukaan lahan. Seluruh data spasial kemudian diintegrasikan menggunakan perangkat lunak Global Mapper sehingga diperoleh model topografi digital (*Digital Elevation Model/DEM*) yang digunakan sebagai acuan dalam pembuatan penampang geologi (*cross section*). Tahapan ini bertujuan menghasilkan representasi spasial yang akurat terhadap bentuk permukaan dan distribusi endapan mineral (Global Mapper User Manual, 2024).

2.3. Estimasi Sumber Daya Menggunakan Metode Cross Section

Estimasi sumber daya dilakukan menggunakan metode *Cross Section* (Metode Penampang). Metode ini merupakan salah satu metode konvensional yang banyak diterapkan pada estimasi sumber daya mineral dengan geometri sederhana hingga sedang, seperti batu andesit, batu gamping, dan batubara. Tahapan estimasi diawali dengan membuat beberapa penampang geologi yang saling sejajar berdasarkan kondisi topografi dan penyebaran tubuh batuan. Pada setiap penampang dilakukan interpretasi batas endapan mineral sehingga diperoleh luas penampang (*cross-sectional area*). Selanjutnya volume endapan dihitung menggunakan metode rata-rata luas dua penampang yang berurutan dikalikan dengan jarak antarpemampang (*Average End Area Method*), sebagaimana dinyatakan dalam Persamaan (1).

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} \times L \quad (1)$$

dengan:

V = Volume endapan (m³)

A₁ = Luas penampang pertama (m²)

A₂ = Luas penampang kedua (m²)

L = Jarak antarpemampang (m)

Metode *Cross Section* (Metode Penampang) mengasumsikan bahwa perubahan bentuk tubuh batuan antarpemampang berlangsung secara bertahap sehingga volume dapat dihitung berdasarkan rata-rata luas kedua penampang. Hasil perhitungan volume kemudian dikonversi menjadi tonase menggunakan nilai berat jenis (*specific gravity*) batuan sesuai Persamaan (2).

$$T = V \times \rho \quad (2)$$

dengan:

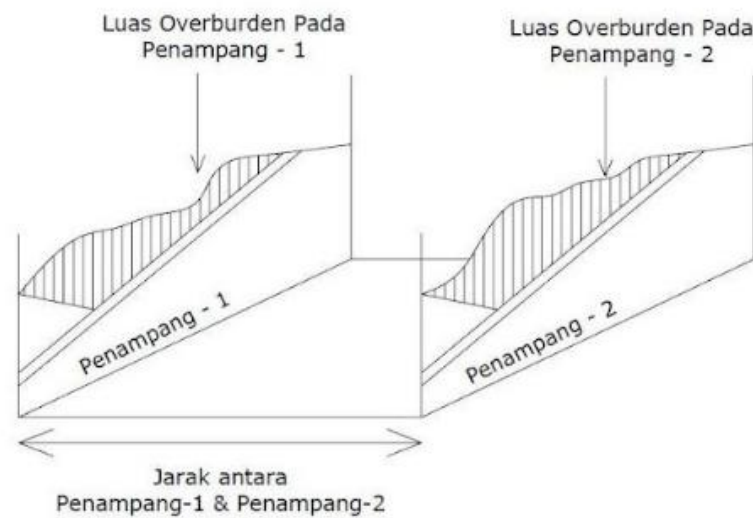
T = Tonase sumber daya (ton)

V = Volume endapan (m^3)

ρ = Berat jenis batuan (ton/m^3)

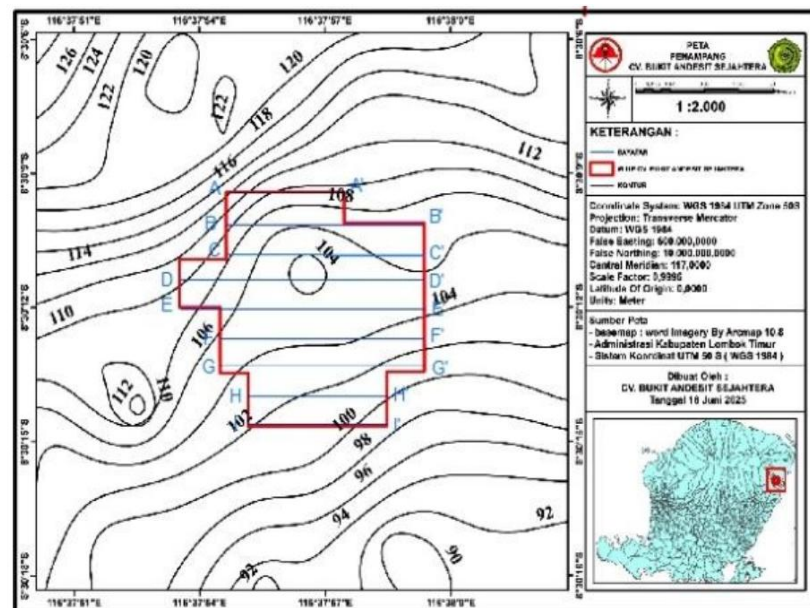
Nilai berat jenis yang digunakan diperoleh dari hasil pengujian laboratorium atau referensi karakteristik batuan yang sejenis. Perhitungan tonase ini menghasilkan estimasi sumber daya yang selanjutnya digunakan sebagai dasar evaluasi potensi ekonomi endapan mineral (SME, 2014).

Metode ini dilakukan dengan membagi area penambangan menjadi beberapa blok berdasarkan kondisi geologi, kemudian membuat sayatan pada peta topografi di daerah penelitian. Luas area tiap blok dihitung dari sayatan tersebut untuk menentukan volume endapan mineral. Metode ini cocok untuk menghitung sumber daya yang terletak di antara dua penampang sejajar dengan menggunakan rumus rata-rata luas penampang dan jarak antar penampang. Contohnya digunakan untuk estimasi sumber daya andesit dan batu gamping. Pendekatan metode perhitungan tersebut sesuai ilustrasi pada Gambar 1 berikut ini.



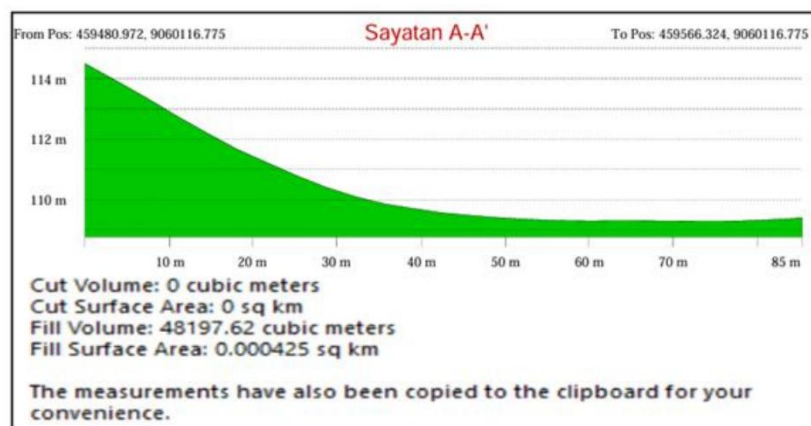
Gambar 1. Perhitungan Volume Menggunakan Dua Penampang

Melalui penyajian penampang, pola sebaran litologi, struktur geologi, serta perubahan elevasi topografi dapat diamati secara lebih jelas dan terarah. Penampang ini berfungsi sebagai alat interpretasi utama untuk memahami hubungan antar satuan batuan, arah kemiringan lapisan, serta potensi keberadaan zona mineralisasi atau sumber daya yang diteliti.

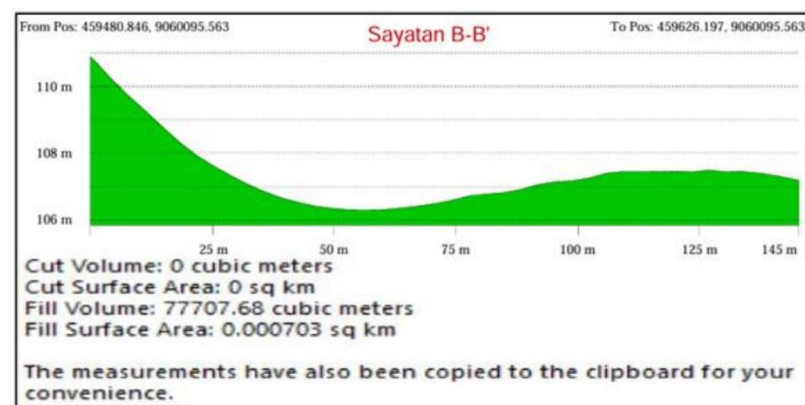


Gambar 2. Peta Penampang Daerah Penelitian

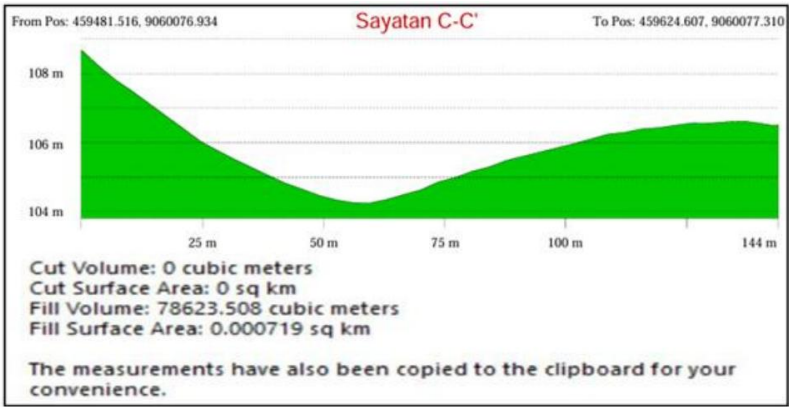
Gambar sayatan geologi berikut dibuat untuk memberikan gambaran vertikal tentang susunan dan hubungan antar satuan batuan di wilayah penelitian. Sayatan ini menampilkan dari permukaan hingga kedalaman tertentu, membuat struktur geologi dan ketebalan lapisan yang tidak terlihat secara langsung di permukaan lebih jelas. Gambar sayatan membantu memahami kondisi bawah permukaan. Ini penting untuk interpretasi proses geologi, menilai potensi sumber daya mineral, dan merencanakan eksplorasi dan pemanfaatan lahan yang lebih baik.



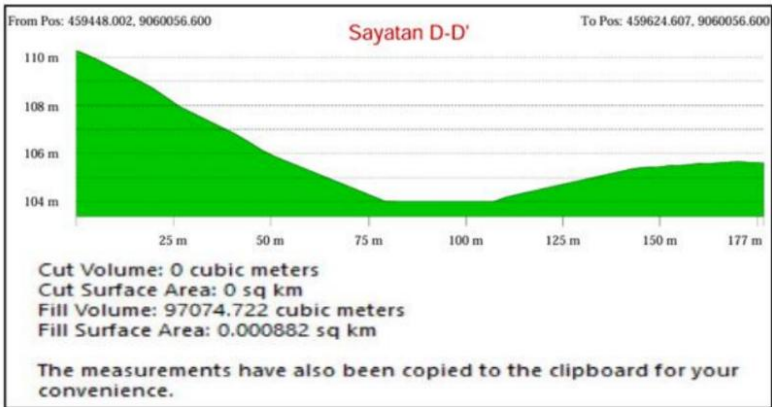
Gambar 3. Sayatan A-A'



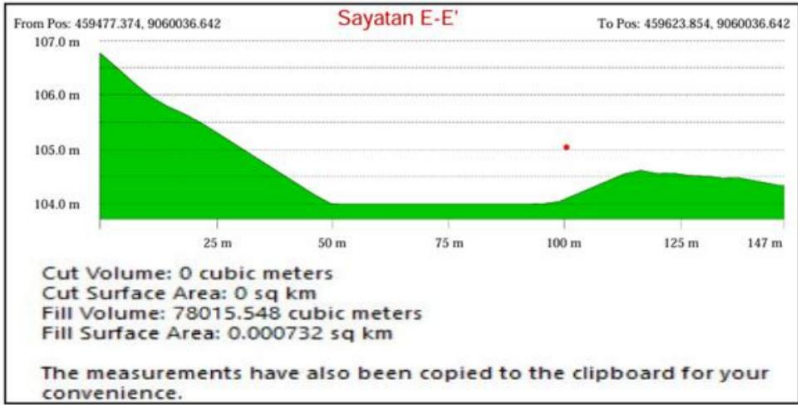
Gambar 4. Sayatan B-B'



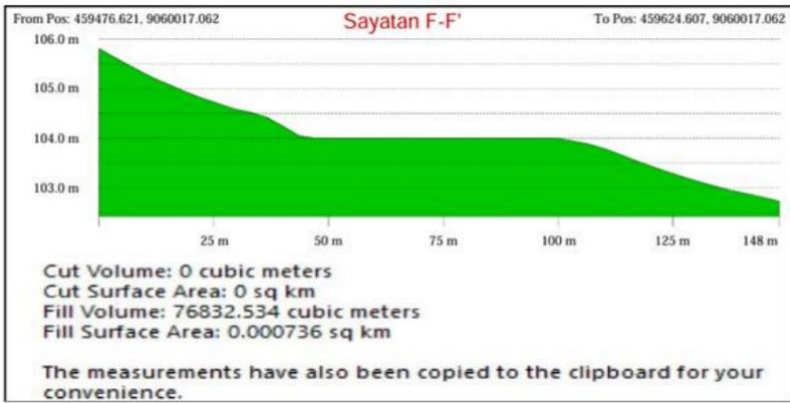
Gambar 5. Sayatan C-C'



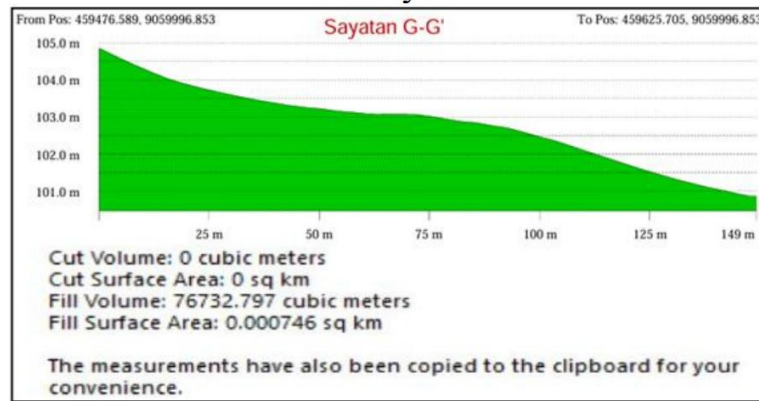
Gambar 6. Sayatan D-D'



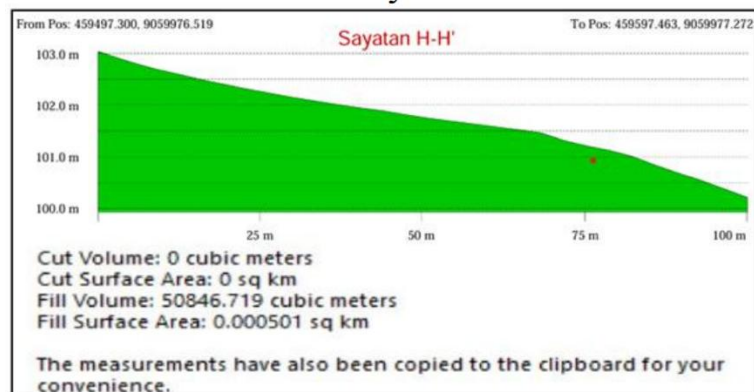
Gambar 7. Sayatan E-E'



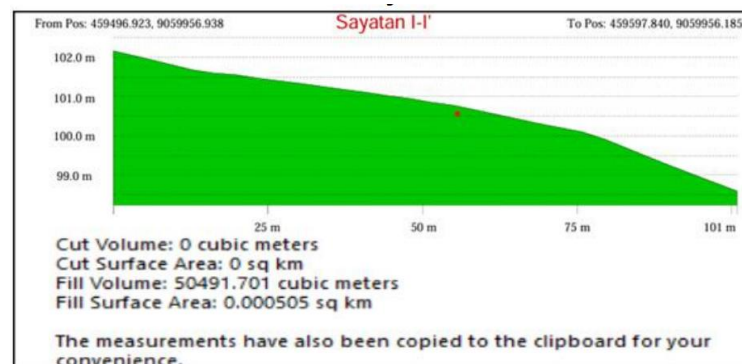
Gambar 8. Sayatan F-F'



Gambar 9. Sayatan G-G'



Gambar 10. Sayatan H-H'



Gambar 11. Sayatan I-I'

Tabel 1. Rincian Estimasi Sumberdaya
Table 1. Resource Estimation Details

No	Sayatan	Luas (m ²)	Jarak (m)	Volume (m ³)
1	A-A'	425	20	11.280
	B-B'	703	20	
2	B-B'	703	20	14.220
	C-C'	719	20	
3	C-C'	719	20	16.010
	D-D'	882	20	
4	D-D'	882	20	16.140
	E-E'	732	20	
5	E-E'	732	20	14.680
	F-F'	736	20	
6	F-F'	736	20	14.820

No	Sayatan	Luas (m ²)	Jarak (m)	Volume (m ³)
7	G-G'	746	20	12.470
	G-G'	746	20	
	H-H'	501	20	
8	H-H'	501	20	10.060
	I-I'	505	20	
TOTAL				109.680

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil estimasi sumber daya pada penelitian ini diperoleh melalui pengolahan data primer yang dikumpulkan secara langsung di lapangan, *test pit*, *paritan*, *deskripsi singkapan*, serta pengambilan koordinat dan elevasi setiap titik pengamatan. Seluruh data primer tersebut kemudian dipadukan dalam *Software Global Mapper* untuk menghasilkan model topografi dan sebaran geologi yang lebih akurat sebagai dasar penyusunan penampang (*cross section*).

Tabel 2. Klasifikasi Sumber Daya
Table 2. Resource Classification

Material	Terukur	
	Volume (m ³)	Tonase (ton)
Soil	44.120	112.506
Andesit	65.560	167.178
Total	109.680	279.684

Hasil estimasi sumber daya terukur yang telah diperoleh menunjukkan kuantitas dan kualitas mineral dengan tingkat keyakinan yang tinggi, didasarkan pada eksplorasi rinci melalui pengambilan sampel dan perhitungan yang sudah ditetapkan. Data tersebut mencakup volume dan tonase. Volume soil dan andesit yang diperoleh dari perhitungan estimasi yaitu 109.680 m³. Kemudian tonase soil dan andesit yang diperoleh dari volume dikalikan dengan densitas batu andesit, yaitu 279.684 ton. Estimasi sumber daya yang cukup detail untuk mendukung perencanaan tambang secara terperinci dan evaluasi kelayakan ekonomi.

4. Kesimpulan

Sumber daya di area penelitian terdiri dari dua material utama yaitu *Soil* (Tanah) dan andesit. Tanah memiliki volume 44.120 m³, atau 112.506 ton, sedangkan andesit memiliki volume 65.560 m³, atau 167.178 ton. Secara keseluruhan, sumber daya yang diukur berjumlah 109.680 m³, dengan tonase total 279.684 ton. Hasil ini menunjukkan bahwa tubuh batuan andesit memiliki geometri yang relative kontinu, ketebalan yang stabil di sepanjang lintasan penampang, dan batas litologi yang jelas. Di bawah kondisi ini, potensi material dapat dipecah menjadi sumber daya yang terukur (*Measured Resource*) dengan tingkat kepercayaan yang tinggi. Oleh karena itu, estimasi sumber daya yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan teknis untuk perencanaan eksplorasi lanjutan dan perencanaan awal kegiatan penambangan.

Referensi

- CRIRSCO. (2019). *International Reporting Template for the Public Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves*.
- Darling, P. (Ed.). (2011). *SME Mining Engineering Handbook* (3rd ed.). Society for Mining, Metallurgy & Exploration.
- Gautama, G. A., Novianto, D., & Pratama, G. R. (2022). Estimasi sumberdaya pasir batu hasil erupsi Gunung Semeru menggunakan metode penampang tegak. *Jurnal Pertambangan*, 6(3), 91–97. <https://doi.org/10.36706/jp.v6i3.1276>
- Global Mapper. (2024). *Global Mapper User Manual*. Blue Marble Geographics.
- JORC. (2012). *Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves*.

-
- KCMI. (2017). *Kode Komite Cadangan Mineral Indonesia (KCMI)*.
- Lindi, O. T., Aladejare, A. E., Ozoji, T. M., & Ranta, J.-P. (2024). Uncertainty quantification in mineral resource estimation. *Natural Resources Research*, 33, 2503–2526. DOI: 10.1007/s11053-024-10394-6
- McManus, S., Rahman, A., Coombes, J., & Horta, A. (2021). Uncertainty assessment of spatial domain models in early stage mining projects: A review. *Ore Geology Reviews*, 133, 104098. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2021.104098
- Nainggolan, R. Y., & Horman, J. R. (2022). Perhitungan volume batugamping menggunakan metode penampang. *INTAN Jurnal Penelitian Tambang*, 4(2), 73–78.
- Nakanwagi, S. (2023). Critical minerals and the global energy transition: Recognising Global South perspectives. *Global Energy Law and Sustainability*, 4(1–2), 115–137.
- Patabang, D., & Nahumury, B. M. (2023). Perhitungan sumberdaya batugamping di Dusun Gudang Garam Arso 4 Distrik Skanto Kabupaten Keerom. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(1), 124–137. <https://doi.org/10.58169/saintek.v2i1.146>
- Putra, D., Marwanza, I., Purwiyono, T. T., Ziad, S., & Garnika, P. K. (2022). Pelatihan pengantar studi kelayakan penilaian cadangan batubara. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia (JAMIN)*, 4(1), 20–27. DOI: 10.25105/jamin.v4i1.10351
- Reid, R. J., & Cowan, E. J. (2023). Towards quantifying uncertainties in geological models for mineral resource estimation through outside-in deposit-scale structural geological analysis. *Australian Journal of Earth Sciences*, 70(7), 990–1009.
- Sinclair, A. J., & Blackwell, G. H. (2002). *Applied Mineral Inventory Estimation*. Cambridge University Press.
- Society for Mining, Metallurgy & Exploration (SME). (2014). *Estimation of Mineral Resources and Mineral Reserves Best Practice Guidelines*.
- Sudrajat, R. S., Syahrudin, & Murad. (2024). Analisis kelayakan investasi penambangan andesit menggunakan discounted cashflow di PT. Sulenco Wibawa Perkasa Kecamatan Sungai Pinyuh Kabupaten Mempawah. *Journal of Social and Economics Research*, 5(2), 1993–2006. DOI: 10.54783/jsr.v5i2.296
- Yang, F., Zuo, R., & Kreuzer, O. P. (2024). Artificial intelligence for mineral exploration: A review and perspectives on future directions from data science. *Earth-Science Reviews*, 258, 104941. DOI: 10.1016/j.earscirev.2024.104941
-