



ESTIMASI SUMBERDAYA PASIR BATU HASIL ERUPSI GUNUNG SEMERU MENGGUNAKAN METODE PENAMPANG TEGAK

ESTIMATION OF SANDSTONE RESOURCES FROM THE ERUPTION OF MOUNT SEMERU USING THE CROSS SECTION METHOD

G. A. Gautama¹, D. Novianto², G. R. Pratama³

¹⁻³ Teknologi Pertambangan, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

¹⁻³Jl. Soekarno Hatta No.9, (0341) 404424

e-mail: *[1aryokog@polinema.ac.id](mailto:aryokog@polinema.ac.id), [2dandung.novianto@polinema.ac.id](mailto:dandung.novianto@polinema.ac.id), [3gindangrain@polinema.ac.id](mailto:gindangrain@polinema.ac.id)

ABSTRAK

Gunung Semeru, Lumajang, Jawa Timur dengan ketinggian 3.676 mdpl adalah salah satu gunung tertinggi di Indonesia. Gunung Semeru terbentuk karena subduksi Lempeng Indo-Australia. Gunung Semeru merupakan gunung aktif yang pada tahun 2021 mengalami erupsi. Pasir batu yang ditumpahakan saat erupsi Gunung Semeru berada di Daerah Aliran Sungai Curah Kobokan, Sapiturang, Pronojiwo, Lumajang, Jawa Timur. Komoditas pasir batu dapat dimanfaatkan masyarakat untuk meningkatkan perekonomian masyarakat dan pembangunan infrastruktur. Sumber daya merupakan cebakan mineral di kerak bumi dengan ukuran, jenis dan jumlah yang mempunyai nilai ekonomi dan kemungkinan yang beralasan sehingga dapat diekstraksi secara ekonomis. Tujuan penelitian adalah menghitung sumber daya pasir batu hasil erupsi Gunung Semeru sehingga dapat diketahui jumlah pasir batu yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Penelitian penaksiran pasir batu dilakukan di Daerah Aliran Sungai Curah Kobokan, Desa Supiturang, Pronojiwo, Lumajang, Jawa Timur dengan luas 12 ha. Metode yang digunakan untuk menghitung taksiran sumber daya pasir batu adalah penampang tegak. Penampang tegak merupakan metode yang sederhana, mudah dan cepat karena membuat sayatan pada badan endapan mineral. Perhitungan volume pasir batu setiap sayatan menggunakan persamaan *mean area* dan *frustum*. Sayatan yang menggunakan persamaan *mean area* ada 18, untuk *frustum* ada 1. Interval setiap sayatan yang digunakan yaitu 20 meter. Sayatan yang dihasilkan seluas 12 ha adalah 19 sayatan. Volume pasir batu yang berhasil dihitung menggunakan metode penampang tegak yaitu 394.094,5 m². Lokasi penelitian perlu diperluas lagi untuk memastikan berapa sumber daya pasir batu hasil erupsi Gunung Semeru. Memerlukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan keyakinan geologi, ekonomi, dan densitas pasir batu.

Kata kunci: pasir batu, estimasi, sumber daya, penampang tegak.

ABSTRACT

Mount Semeru, Lumajang, East Java with an altitude of 3,676 meters above sea level is one of the highest mountains in Indonesia. Mount Semeru was formed due to the subduction of the Indo-Australian Plate. Mount Semeru is an active mountain that in 2021 experienced an eruption. The sandstone shed during the eruption of Mount Semeru is in the Kobokan Bulk River Basin, Sapiturang, Pronojiwo, Lumajang, East Java. Sandstone commodities can be used by the community to improve the community's economy and infrastructure development. Resources are mineral deposits in the earth's crust with sizes, types, and quantities that have economic value and reasonable possibilities so that they can be economically extracted. The purpose of the study is to calculate the sandstone resources resulting from the eruption of Mount Semeru so that the amount of sandstone that can be used by the community can be known. Research on the estimation of sandstone was carried out in the Kobokan Bulk River Basin, Supiturang Village, Pronojiwo, Lumajang, East Java with an area of 12 hectare. An upright cross section is used to calculate the estimated resource of sandstone. The upright cross section is a simple, easy, and fast method because it makes an incision in the body of the mineral deposit. The sandstone volume calculation for each incision uses the equations of *mean area* and *frustum*. For incisions using the mean area equation, there are 18, and for the frustum, there is 1. The

interval of each incision used is 20 meters. The resulting incision covering an area of 12 ha is 19 incisions. The volume of successful sandstone was calculated using the cross sectional method of 394,094.5 m². The research site needs to be expanded again to ascertain how many sandstone resources resulted from the eruption of Mount Semeru. Requires further research to improve geological, economic, and sand rock density confidence.

Keywords: sandstone, estimation, resource, cross section.

PENDAHULUAN

Gunung berapi merupakan salah satu hasil dari *ring of fire*. Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu provinsi yang dekat dengan jalur "*ring of fire*". Pembentukan gunung berapi akibat ada aktivitas lempeng tektonik di kerak. Gunung berapi adalah gunung yang memiliki lubang yang berasal dari dalam kerak bumi untuk proses keluarnya gas dan cairan magma. Kawah atau kaldera yang berada di puncak suatu gunung berapi merupakan karakteristik umum gunung berapi. Gunung Semeru merupakan salah satu gunung yang terbentuk akibat adanya aktivitas lempengan tektonik di kerak bumi [1]. Gunung berapi dapat memberikan manfaat bagi masyarakat, tapi di sisi lain harus diwaspadai karena aktivitasnya. Manfaat gunung berapi salah satunya adalah mineral yang dikeluarkan dari kawah gunung berapi. Magma yang keluar dari kawah kemudian terkena air dan angin sehingga membentuk mineral pasir dan batu. Mineral batu dan pasir dapat dimanfaatkan masyarakat sebagai bahan baku untuk membangun berbagai infrastruktur.

Gunung Semeru pada tanggal 04 Desember 2021 mengalami erupsi. Mineral tersebut ketika terjadi erupsi masih berada di punggung gunung, tetapi jika terkena aliran hujan akan terbawa dan memenuhi aliran sungai. Volume mineral pasir dan batu yang memenuhi badan sungai belum diketahui secara pasti, sehingga diperlukan perhitungan volume sumber daya. Hal ini dilakukan agar pemerintah daerah sebagai pemangku kepentingan dapat mempunyai gambaran mineral pasir dan batu yang bisa dimanfaatkan.

Salah satu mineral batuan yang memberikan manfaat untuk masyarakat adalah pasir batu. Pasir batu dihasilkan dari proses erupsi gunung berapi yang terendapkan di daerah aliran sungai. Erupsi gunung berapi merupakan proses alami sebuah gunung berapi untuk melepaskan energi dari dalam perut bumi. Gunung Semeru memperlihatkan bentuk kerucut yang sempurna jika dilihat dari arah selatan dan tenggara. Gunung Semeru secara geologi berada di kompleks Gunung Jambangan dan Pegunungan Tengger yang

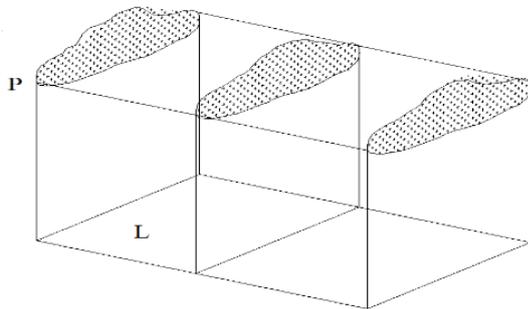
posisinya dalam satu kelurusan dengan arah selatan utara. Gunung Semeru merupakan gunung berapi yang mempunyai bentuk kerucut bara dengan abu dan pecahan kecil batuan vulkanik yang menyebar di sekitar gunung.

Gunung Semeru memiliki batuan vulkanik bertekstur porfiritik dengan masa dasar hipokristalin. Porfiritik adalah tekstur batuan yang terdapat campuran antara butiran kasar di dalam massa dengan butiran yang lebih halus. Batuan hipokristalin sebagian batuan terdiri dari massa gelas dengan sebagian lagi terdiri dari massa kristal. Batu pasir yang dibawa oleh aliran lava yang keluar dari kawah Gunung Semeru merupakan hasil erupsi dari erupsi pusat (berkomposisi basal) dan erupsi samping (berkomposisi andesit dan basal). Lava mengalami pembekuan setelah keluar dari kawah sehingga membentuk berbagai macam batuan. Batuan basal memiliki kandungan senyawa silikon dioxide. Batuan andesit memiliki kandungan senyawa silikon dioxide dalam level menengah. Material yang memenuhi sungai akan tersedimentasi sehingga menjadi pasir batu. Pasir batu yang tersedimentasi akan memberikan manfaat bagi masyarakat. Pasir batu merupakan salah satu jenis batuan sedimen karena prosesnya melalui proses sedimentasi dan transportasi dari batuan induk. Pasir batu mempunyai berbagai macam ukuran partikel yaitu 0.06 – 2 mm.

Penampang geologis adalah gambar vertikal di seluruh kontinuitas geologis daerah tersebut. Luasnya bagian ini direncanakan seputar mineralisasi yang didukung oleh informasi permukaan [2]. Memperkirakan blok yang dibatasi antara bagian yang berjarak secara teratur [3]. Metode penampang tegak merupakan metode perhitungan estimasi sumber daya secara konvensional [4]. Hasil perhitungan persamaan penampang tegak menghasilkan isi sumber daya yang lebih besar dibandingkan dengan persamaan lain [5].

Metode penampang tegak mempunyai prinsip yaitu membuat sayatan pada badan endapan mineral (Gambar 1). Sayatan digunakan untuk menghitung luas deposit mineral dan menghitung volume dengan memanfaatkan jarak antara sayatan. Prosedur irisan

melintang merupakan irisan garis di endapan berdasarkan peta topografi sehingga membentuk penggalan yang membentuk sebagian luasan [6].



Gambar 1. Metode Penampang Tegak

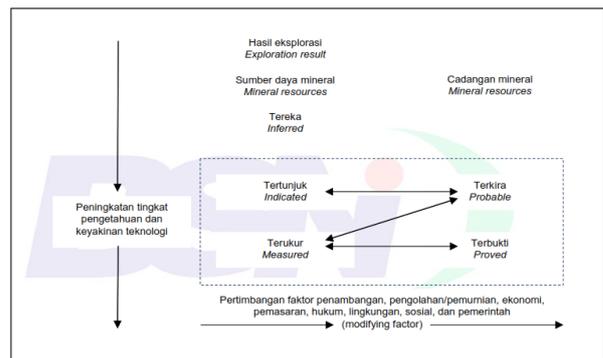
Metode penampang tegak mempunyai pengaruh atas perhitungan sumber daya yaitu menarik garis pembatas sumber daya, ketebalan mineral, dan volume. Penarikan garis yang membatasi sumber daya dilakukan menggunakan pedoman perubahan bertahap secara langsung di koordinat yang paling luar, sehingga koordinat tersebut terletak pada garis batas sumbernya. Ketebalan komoditas mineral yang diperoleh dari perhitungan nilai ketebalan dua penampang. Volume sumber daya pada satu segi dan dua segi akan memberikan variasi kumulatif pada prediksi ketiga segi.

Sumber daya mineral adalah keterdapatannya dari material yang memiliki ekonomi pada atau di atas kerak bumi, dengan formasi, karakteristik, dan nilai tertentu yang memiliki prospektif yang beralasan sehingga akhirnya dapat diekstraksi secara efisien. Sumber daya mineral dapat dimanfaatkan oleh masyarakat dan industri jika sudah dilakukan pengkajian kelayakan tambang dan memenuhi kriteria penambangan [7].

Tingkat kepastian geologi dan kajian layak tambang merupakan kriteria suatu komoditas layak dilakukan penambangan. Penentuan tingkat kepastian geologi berdasarkan konsistensi titik bor, keunggulan data, dan keandalan pembacaan geologi yang didapatkan dari tiga tahap eksplorasi. Skala kegiatan eksplorasi menunjukkan makin rinci penyelidikan, sehingga tingkat kepastian geologinya makin tinggi dan tingkat kesalahannya makin rendah. Penyelidikan geologi bertujuan untuk mengidentifikasi kualitas, bentuk sebaran, proses mineralisasi, ukuran dimensi, dan kuantitas endapan mineral sehingga dapat dilakukan analisa kemungkinan dilakukannya investasi.

Klasifikasi sumber daya ada tiga yaitu sumber daya terduga, terunjuk dan terukur, pengklasifikasian sumber daya tergantung dari tingkat kepastian geologi dan

kelayakan tambang (Gambar 2). Sumber daya terduga adalah sumber daya mempunyai volume, ukuran dan isi dapat dihitung dengan jenjang kepastian rendah. Presentase geologi tidak dapat dibuktikan karena dapat digambarkan dan ditaksir dari adanya fakta geologi. Keterangan yang terdapat melalui teknik yang sesuai dari letak mineralisasi seperti singkapan, pengujian paritan, pengujian sumuran, dan lubang bor tetapi karakteristik dan ambang keyakinannya tertentu atau tidak jelas. Sumber daya terukur adalah sumber daya yang mempunyai derajat kepastian tinggi di perhitungan volume, berat jenis, sifat, kualitas fisik, ukuran, dan muatan mineral sumber daya. Tingkat kepastian tinggi diperlukan dalam pemahaman geologi dan pengontrol cebakan mineral [8].



Gambar 2. Sumberdaya Mineral SNI 6728.4.2015 [8]

Perhitungan sumber daya pasir pasang dengan metode penampang tegak di Kabupaten Sambas, Kalimantan Barat dengan luas area 18 ha jumlah sayatan 15 menghasilkan sebesar 2.512.947,946 m² (Putri A dkk, 2019). Estimasi sumber daya batugamping di Kabupaten Rembang dengan menggunakan metode penampang tegak dengan luas 25.45 ha jarak antar sayatan 10m dan jumlah sayatan 154 maka jumlah sumber daya yang terhitung sebesar 57.083.294 ton (Amin A, 2020). Sumber daya pasir batu di Kabupaten Sleman dengan 27 sayatan dengan jarak 10m di luasan 4.4 ha diperoleh 952.336,30 m² (Purwonugroho, S.S, 2020)

Lokasi penelitian dan jumlah sayatan yang membedakan dengan penelitian sebelumnya. Pemilihan metode penampang tegak karena komoditas yang dihitung sifatnya homogen dan merupakan metode konvensional untuk perhitungan sumber daya. Rumusan permasalahan pada penelitian ini yaitu berapa besar sumber daya pasir batu setelah erupsi Gunung Merapi dan perhitungan estimasi sumber daya menggunakan metode penampang tegak. Penelitian bertujuan untuk menghitung estimasi sumber daya pasir batu di Gunung Merapi dengan menggunakan metode penampang tegak.

METODE PENELITIAN

Periode penelitian dari Bulan Februari-Agustus 2022. Penelitian ini berfokus pada menghitung sumber daya pasir batu yang dihasilkan Gunung Semeru pada erupsi Bulan Desember. Lokasi penelitian berada di Daerah Aliran Sungai Curah Kobokan, Supiturang, Pronojiwo, Lumajang, Jawa Timur dengan titik koordinat 112° 59' 56.544" BT 8° 10' 22.548" LS (Gambar 3).



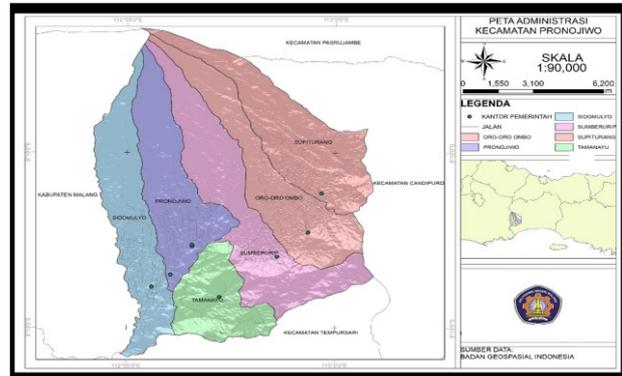
Gambar 3. Lokasi Penelitian

Data primer yang diperlukan untuk penelitian adalah koordinat, elevasi dan ketebalan sumber daya. Pengambilan data primer dilakukan di area dengan luas 12 ha (Gambar 4). Pengambilan koordinat dan elevasi titik penelitian menggunakan aplikasi GPS berbasis android.



Gambar 4. Pengambilan Data Primer

Ketebalan sumber daya didapatkan dengan melakukan pengukuran lapisan pasir batu dengan menggunakan meteran. Titik penelitian digunakan untuk membuat sayatan antar titik penelitian untuk memperoleh data volume sayatan. Data primer diolah dengan menggunakan *Global Mapper* sehingga didapatkan data volume sayatan setiap titik penelitian. Volume antar dua sayatan diolah menggunakan ms. excel sehingga didapatkan volume sumber daya. Data sekunder meliputi peta administrasi (Gambar 5), peta geologi regional, dan peta geomorfologi.



Gambar 5. Peta Administrasi Kecamatan Pronojiwo

Analisis data adalah kegiatan penafsiran dan pengolahan data. Analisis data diperlukan untuk mengetahui volume pasir batu pada aliran Sungai Curah Kobokan. Analisis data meliputi:

1. Pengolahan data primer
2. Pengambilan sumber literatur
3. Memasukkan data ke ArcGIS
4. Membuat peta topografi
5. Membuat sayatan
6. Menghitung volume pasir batu dengan metode penampang tegak

Perhitungan metode penampang tegak mempunyai prinsip dasar yaitu dengan menghubungkan titik-titik koordinatnya. Menggunakan koordinat dalam perhitungan luas dapat diaplikasikan pada sebuah bangunan datar berpola maupun tidak berpola. Persamaan perhitungan luas dengan cara koordinat yaitu persamaan dengan koordinat yang berlawanan arah jarum jam seperti pada Pers(1) dan Pers(2). Persamaan searah jarum jam pada Pers(3) dan Pers(4).

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=0 \dots n} X_i(Y_{i+1} - Y_{i-1}) \quad (1)$$

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=0 \dots n} [(X_i \times Y_{i+1}) - (Y_i \times X_{i+1})] \quad (2)$$

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=0 \dots n} X_i(Y_{i-1} - Y_{i+1}) \quad (3)$$

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=0 \dots n} [(Y_i \times X_{i+1}) - (X_i \times Y_{i+1})] \quad (4)$$

dimana

A = Luas Sayatan

X_i = Koordinat titik X ke i

Y_i = Koordinat titik Y ke i

Perhitungan volume sumber daya pasir batu menggunakan metode penampang tegak yang berpedoman pada perubahan bertingkat dengan menggunakan formula *mean area* dan *frustum*.

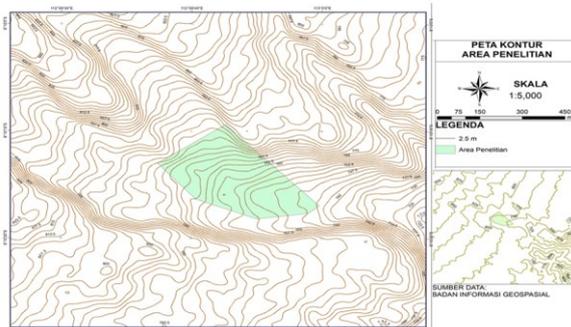
Menghitung besarnya luas penampang untuk mengetahui volume dan tonase pasir pasang menggunakan aplikasi komputer dilakukan setelah pembuatan penampang selesai [9]. Rumus *mean area* adalah rumus sederhana dalam perhitungan volume yang letaknya di antara dua penampang. Rumus *mean area* pada Pers(5) digunakan jika perbandingan antar luas dua penampang $(S_1/S_2) \geq 0,5$, rumus *frustum* pada Pers(6) digunakan jika perbandingan antar luas dua penampang $(S_1/S_2) \leq 0,5$ [6].

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \times L \quad (5)$$

$$V = \frac{L}{3} \times (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \cdot S_2}) \quad (6)$$

dimana:

- V = Volume sumber daya
- S₁, S₂ = Luas penampang endapan
- L = Jarak antar penampang

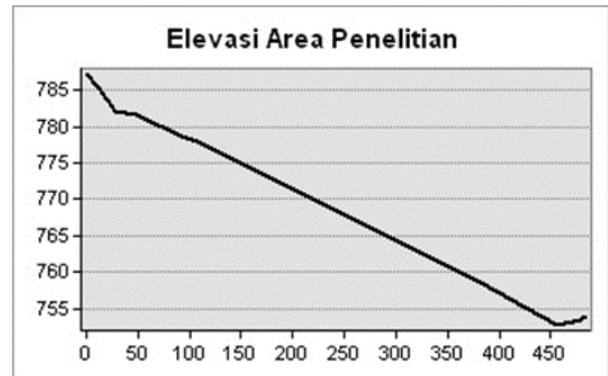


Gambar 6. Peta Kontur Area Penelitian

Daerah penelitian termasuk ke daerah datar sesuai dengan Tabel 1. Hal ini ditunjukkan dengan elevasi tertinggi area penelitian sebesar 785 m dan elevasi terendah sebesar 755 m dalam jarak 400 m (Gambar 7). Pola aliran sungai pada area penelitian adalah pola paralel (sejajar). Hal ini diidentifikasi dengan sedikitnya anak sungai dan sungai utama yang lebih besar. Sungai pada area penelitian ini juga cenderung lurus-lurus memanjang. Pola paralel ini sering terdapat pada daerah yang memiliki kemiringan tinggi, lereng yang cukup curam dan patahan tektonik.

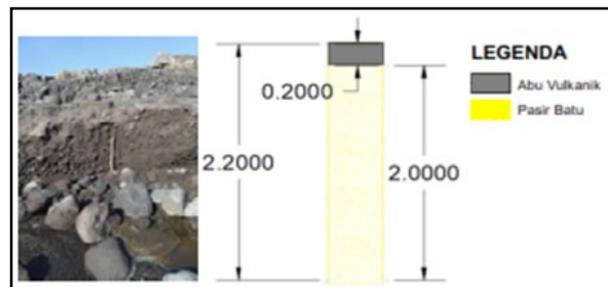
Tabel 1. Klasifikasi Kemiringan Lereng

Kelas	Kemiringan (%)	Klasifikasi
I	0-8%	Datar
II	8-15%	Landai
III	15-25%	Agak Curam
IV	25-45%	Curam
V	>45%	Sangat Curam



Gambar 7. Ketinggian Area Penelitian

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Turen [10], batuan penyusun pada daerah penelitian yaitu endapan Gunung Semeru/Mahameru (Qvs). Formasi ini adalah batuan kuarter yang terdiri dari lava andesit sampai basal, klastika gunungapi dan lahar. Formasi penelitian menurut peta geologi lembar turen batuan penyusun pada daerah penelitian yaitu endapan Gunung Semeru (Qvs) yang merupakan batuan kaurter yang terdiri dari lava andesit sampai basal, klastika gunung api dan lahar. Stratigrafi daerah penelitian terdiri dari abu vulkanik dan pasir batu (Gambar 8).



Gambar 8. Stratigrafi Daerah Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sumber daya pasir batu menggunakan metode penampang tegak dengan rumus *mean area* dan *frustum* yang berpedoman perubahan bertingkat (*rule of gradual change*) dengan jarak yang digunakan sebesar 20m, volume yang didapatkan adalah sebesar 394.094,4719 m³. Metode *cross section* menggunakan pedoman perubahan bertingkat (*rule of gradual change*) sehingga penampang satu dengan penampang lainnya dapat dihubungkan secara langsung.

Dua penampang terdekat membatasi perhitungan volume. Pedoman perubahan bertingkat (*rule of gradual change*) mempunyai pengaruh dalam pola penampang tegak meliputi:

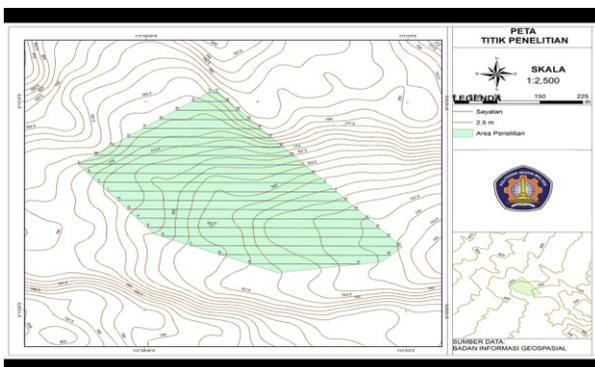
- a. Penarikan Garis Batas Sumber daya
Metode penampang tegak menarik garis batas dengan cara menyayat secara melintang dari barat ke timur dengan interval antar sayatan sama besar yaitu 20 m dimulai dari paling selatan area penelitian hingga paling utara area penelitian. Sayatan terdiri dari 20 sayatan yang membentuk 19 Blok Panjang sayatan bervariasi mengikuti area penelitian.
- b. Ketebalan
Ketebalan yang didapatkan dari survei lapangan ditambahkan pada elevasi titik pengambilan data.
- c. Volume Sumber daya
Prinsip dari perubahan bertahap adalah apabila perbandingan antar luas dua penampang ($L1/L2$) $\leq 0,5$ persamaan volume yang dipakai adalah *frustum* contohnya pada blok sayatan C-C' dan D-D' (Gambar 9). Rumus *mean area* digunakan jika perbandingan antar luas dua penampang ($L1/L2$) $\geq 0,5$, contohnya pada blok 1 sayatan A-A' dan B-B'. Penggunaan rumus *mean area* apabila perbandingan antar luas dua penampang ($L1/L2$) $\geq 0,5$, contohnya pada blok 1 sayatan A-A' dan B-B'. Perhitungan volume Blok 3 (C-C') dan (D-D').

$$V = \frac{1}{3} \times (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})$$

- Luas Sayatan C – C' = 435,4686 m²
- Luas Sayatan D – D' = 1.174,647 m²

$$V = \frac{20}{3} \times (435,4686 + 1.174,647 + \sqrt{435,4686 \times 1.174,647})$$

$$= 16.101,16 \text{ m}^3$$



Gambar 9. Peta Sayatan

Sayatan C-C' mempunyai luas 435,4686 m² dan luas sayatan D-D' adalah 1.174,647 m². Kedua luas sayatan kemudian dibagi untuk menentukan rumus volume yang digunakan. Pembagian kedua sayatan menghasilkan 0,37 sehingga rumus untuk volume

adalah *frustum* karena perbandingan antar luas sayatan $\leq 0,5$. Persamaan yang digunakan untuk menghitung volume sumber daya Pers(6) menghasilkan volume sebesar 16.101,16 m³. Pers(5) digunakan untuk menghitung sayatan A-A' dan B-B' karena perbandingan antara sayatan A-A' dan B-B' sebesar 0,82. Luas sayatan A-A' sebesar 320.136 m² dan luas sayatan B-B' sebesar 386.128,9 m². Jumlah sayatan dalam penelitian yaitu 19 sayatan, 5 sayatan menggunakan Pers(6) dan 14 sayatan menggunakan Pers(5).

KESIMPULAN

Hasil estimasi sumber daya pasir batu di daerah aliran sungai Curah Kobokan, Desa Pronojiwo, Lumajang, Jawa Timur menggunakan metode *cross section* yang berpedoman perubahan bertingkat (*rule of gradual change*) adalah 394.094,4719 m³ dengan interval sayatan sebesar 20 m yang menghasilkan 19 sayatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada P2M Politeknik Negeri Malang yang telah memberi dukungan dalam bentuk keuangan, fasilitas, atau legalitas terhadap penelitian ini. Terima kasih juga pada mahasiswa yang sudah membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gunung Semeru. (2022). (<https://vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/data-dasar-gunungapi/533-gsemeru?start=2>) diakses Januari 2022.
- [2] S.K. Haldar. (2018). *Mineral Exploration Principles and Applications 2nd Edition*. Elsevier.
- [3] S.M. Gandhi and B.C. Sarkar. (2016). *Essential of Mineral Exploration and Evaluation*: Elsevier.
- [4] Purwonoghroho, S.S. (2020). *Estimasi Sumberdaya Pasir Batu dengan Metode Cross Section dan Metode Contour di PT Muntiplus Sepakat, Desa Kepuharjo, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, DIY*. Skripsi, Fakultas Teknologi Mineral UPN Veteran.
- [5] Putri, A. Marsudi. Meliasari, F. (2019). *Studi Perhitungan Sumberdaya Tambang Pasir Pasang dengan Metode Cross Section CV. Indo Tambang Sejahtera Kabupaten Sambas Kalimantan Barat*. Skripsi, Universitas Tanjungpura Pontianak.



- [6] Rauf, A. (2017). *Modul Perhitungan Cadangan Endapan Mineral*. Fakultas Teknik Mineral UPN Veteran Yogyakarta.
- [7] Carras, S. (1990). *Sampling Evaluation and Basic Principles of Ore Estimation*. Tidak Diterbitkan.
- [8] SNI 6728.4. (2015). *Penyusunan Neraca Spasial Sumberdaya Alam-Bagian 4: Sumberdaya dan Cadangan Mineral dan Batubara*. Badan Standaisasi Nasional Indonesia. Jakarta
- [9] Gautama, A.G Novianto, D, Pradani, IP. (2018). *Sumberdaya, Cadangan, Produksi Mineral dan Batuan Provinsi Jawa Timur Tahun 2018*. *Jurnal Qua Teknika*. 11(1). 52-66.
- [10] Suyanto, Hadisantono R., Kusnama, Chaniago R., Baharuddin R.,. (1992). *Geologi Lembar Turen, Jawa Timur, skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.