



## Analisis Perbandingan Cadangan Sirtu Menggunakan Metode *Cross-Section* dan Pemodelan 3D Pada CV. Makugawene, Kelurahan Sulamadaha, Ternate Barat, Maluku Utara

Taufik Qurrohman<sup>1</sup>, Nurany<sup>2</sup>, Amrih Halil<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Khairun, Ternate

\*Corresponding author: [amrih@unkhair.ac.id](mailto:amrih@unkhair.ac.id)

### Abstrak

Pulau Ternate merupakan salah satu wilayah kepulauan di Provinsi Maluku Utara yang berada di bawah kaki Gunung Api Gamalama. Aktivitas vulkanik gunung tersebut menghasilkan berbagai potensi sumber daya alam, termasuk endapan pasir dan batu (sirtu) yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi. Salah satu lokasi endapan sirtu berada pada area penambangan CV. Makugawene di Kelurahan Sulamadaha, Kecamatan Ternate Barat. Seiring pertumbuhan jumlah penduduk dan pesatnya pembangunan infrastruktur, kebutuhan terhadap material sirtu semakin meningkat, sehingga diperlukan perhitungan sumber daya yang akurat untuk mendukung kegiatan eksplorasi dan pengelolaan tambang secara efisien. Dengan menggunakan metode penampang (*cross section*), dan Pemanfaatan perangkat lunak *Leapfrog* sangat efektif untuk estimasi cadangan Sirtu sebagai alat pemodelan 3D memungkinkan visualisasi sumber daya sirtu dengan lebih jelas. Dari hasil perhitungan menggunakan metode *cross-section* maka didapatkan volume sumber daya Sirtu pada daerah penelitian dengan luas 17.373,62 m<sup>2</sup> atau 1,7 hektar adalah sebesar 453.505,49 m<sup>3</sup> dan tonase sebesar 618.828,68 Ton, Sedangkan total volume yang diperoleh dengan metode 3D diperoleh sebesar 473.800 m<sup>3</sup> dan tonase sebesar 663.320 Ton

**Kata kunci:** Estimasi, Makugawene, Sirtu

### Abstract

Ternate Island is one of the archipelagic regions in North Maluku Province, located at the foot of Mount Gamalama. The volcanic activity of this mountain has produced various natural resources, including sand and gravel (sirtu) deposits that are widely utilized as construction materials. One of the sirtu deposit locations is found in the mining area of CV. Makugawene in Sulamadaha Village, West Ternate District. With increasing population growth and rapid infrastructure development, the demand for sirtu material continues to rise, making accurate resource estimation essential to support efficient exploration and mining management. The cross-section method and the use of Leapfrog software are highly effective for estimating sirtu reserves, with Leapfrog enabling detailed 3D modeling and clearer visualization of the sirtu resources. Based on calculations using the cross-section method, the volume of sirtu resources in the study area, which covers 17,373.62 m<sup>2</sup> or 1.7 hectares, is 453,505.49 m<sup>3</sup>, with a tonnage of 618,828.68 tons. Meanwhile, the total volume obtained using the 3D modeling method is 473,800 m<sup>3</sup>, with a tonnage of 663,320 tons.

**Keyword:** Estimation, Makugawene, Sandstone

### 1. Pendahuluan

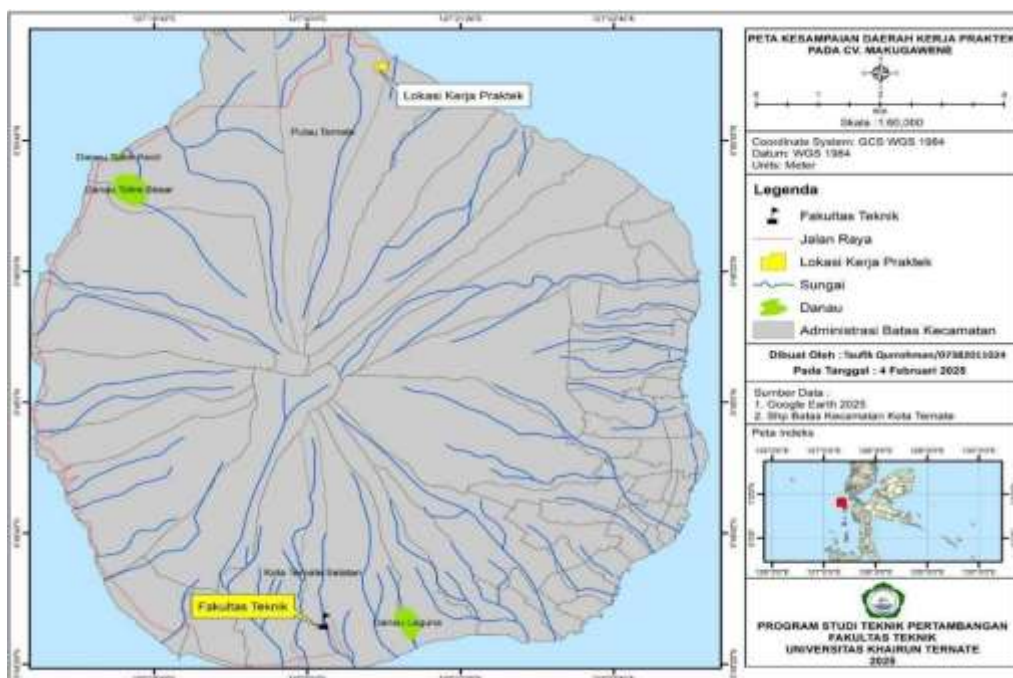
Ternate adalah sebuah kota yang berada di bawah kaki gunung api Gamalama, Provinsi Maluku Utara. Kota Ternate merupakan kota kepulauan yang wilayahnya dikelilingi oleh laut. Luas daratan Kota Ternate sebesar 250,85 km<sup>2</sup>, sementara lautannya 5.547,55 km<sup>2</sup>. Sebagai kota kepulauan, Kota Ternate terdiri dari beberapa pulau yakni, Pulau Ternate sebagai pulau yang utama, Pulau Hiri, Pulau Moti, Pulau Mayau, dan Pulau Tifure merupakan lima pulau yang berpenduduk, sedangkan terdapat tiga pulau lain seperti Pulau Maka, Pulau Mano dan Pulau Gurida merupakan pulau berukuran kecil yang tidak berpenghuni. Sampai saat ini, Kota Ternate sangat pesat laju pembangunan dan pertumbuhan

penduduknya [1] Potensi sumber daya alam baik hayati maupun non hayati banyak tersebar di Maluku Utara, dari pertanian, perkebunan, perikanan hingga bahan galian. Salah satu potensi bahan galian pasir dan batu (sirtu) yang terdapat di daerah Maluku Utara [2].

Potensi sirtu di daerah ini tidak terlepas dari hasil vulkanisme Gunung Gamalama yang berada di Salah satu lokasi terdapatnya endapan Sirtu pada lokasi penambangan CV. Makugawene di Kelurahan Sulamadaha, Kecamatan Tenate Barat, Kota Sofifi, Maluku Utara. Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, permintaan terhadap bahan galian sirtu juga mengalami peningkatan. Material ini digunakan sebagai bahan campuran dalam pembangunan berbagai infrastruktur, seperti rumah, jalan, perkantoran, jembatan, dan gedung. Perhitungan sumberdaya berperan penting menentukan jumlah kualitas dan kemudahan dalam eksplorasi secara komersial dengan metode estimasi yang sesuai dengan kondisi geologi, genesa, dan mineralisasi [3]

## 2. Metode

Penelitian ini rencananya akan dilakukan pada Di CV. Makugawene, Kelurahan Sulamadaha, Ternate Barat, Maluku Utara (Gambar1). Penelitian ini bersifat kuantitatif-deskriptif dengan pendekatan komparatif, yaitu membandingkan dua metode estimasi cadangan, metode penampang melintang (*cross-section*) dan pemodelan 3D menggunakan *Leapfrog Geo* untuk mengetahui tingkat akurasi dan distribusi spasial cadangan sirtu. penelitian ini dillakukan dengan mengambil Dataset koordinat dan ketebalan singkapan untuk setiap titik. Deskripsi litologi dan visual material sirtu. Kontur topografi wilayah penelitian. Basis data spasial untuk input ke dalam *Leapfrog Geo* dan perhitungan manual dengan metode *cross- section*

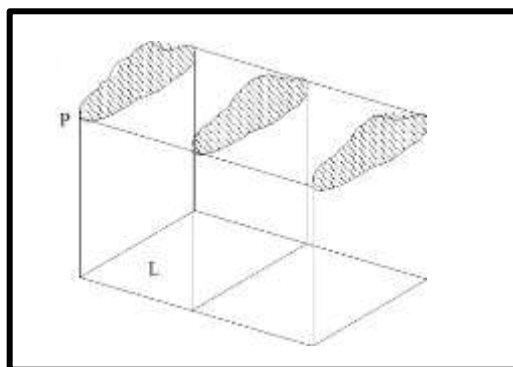


Gambar 1. Lokasi penelitian

Tahapan pekerjaan pada penelitian ini terdiri dari studi literatur, observasi lapangan, pengambilan data lapangan yang merupakan data primer, pengolahan data dengan bantuan perangkat komputer. Teknik pengolahan data akan dianalisis dengan cara Membandingkan hasil menggunakan metode *cross-section* dan software *leapfrog geo*, Menganalisis potensi sumber daya cadangan batuan sirtu berdasarkan volume yang diperoleh, Menyajikan analisis dalam bentuk grafik atau tabel untuk mempermudah pemahaman.

Estimasi Cadangan Sirtu dengan metode *cross-section* dilakukan dengan pengukuran ketinggian, lapisan singakapan dan koordinat di setiap titik lokasi penelitian menggunakan (*Global positioning system*) GPS. Untuk menghitung luas dari masing-masing penampang di butuhkan bantuan *software arcgis* untuk proses pembuatan sayatan di daerah penelitian menjadi beberapa sayatan sesuai dengan data di lapangan dengan Jarak antar sayatan yang telah di tentukan dan di bagi menjadi beberapa bagian dengan tujuan untuk mendapatkan volume sumberdaya penambangan Sirtu. agar bisa dilakukan perhitungan, selanjutnya menghitung volume sumberdaya penambangan menggunakan persamaan mean area atau luas penampang dikali dengan jarak antar penampang di bagi dua, akan didapatkan hasil perhitungan volume sumberdaya. Adapun sketsa perhitungan mean area dapat dilihat pada (Gambar 2) [4].

Metode 3D *Leapfrog Geo* mengandalkan prinsip pemodelan implisit, yaitu membentuk model bawah permukaan dari data terstruktur seperti bor dan kontak geologi tanpa harus menggambar batas secara manual satu per satu. Selain itu, Leapfrog Geo dapat memanfaatkan berbagai jenis data lainnya yang mendukung interpretasi geologi bawah permukaan [5] penelitian ini dillakukan dengan mengambil Dataset koordinat dan ketebalan endapan untuk setiap titik. Deskripsi litologi dan visual material sirtu. Kontur topografi wilayah penelitian. Data yang digunakan meliputi: Data collar: Informasi mengenai titik koordinat lubang bor yang mencakup posisi X (*Easting*), Y (*Northing*), dan Z (*Elevation*). Data ini menjadi referensi spasial utama dalam model 3D. Data survey: Mencakup arah (*azimuth*), kemiringan (*dip*), dan panjang lubang bor. Penting untuk menentukan arah penetrasi lubang bor ke dalam tanah dan mendefinisikan orientasi data *assay*. Data assay: Merupakan hasil uji kadar dari sampel pada interval kedalaman tertentu. Nilai assay ini digunakan untuk estimasi kualitas material dan klasifikasi sumber daya berdasarkan *cut-off grade*. Adapun tahapan penelitian, dapat dilihat pada (Gambar 3).



**Gambar 2.** Sketsa perhitungan mean area

Dimana:

P = Penampang permukaan atas

L = Jarak antar penampang

Estimasi Volume dengan Rumus *Mean Area* (Rata-rata Luas Penampang)

$$V = (A1 + A2) / 2 \times t \quad (1)$$

Dimana:

$V$  = Volume ( $m^3$ )

$A1$  dan  $A2$  = Luas penampang berurutan ( $m^2$ )

$t$  = Jarak antar penampang ( $m$ )

Sedangkan Perhitungan Tonase ( $T$ ) dapat dihitung dengan rumus:

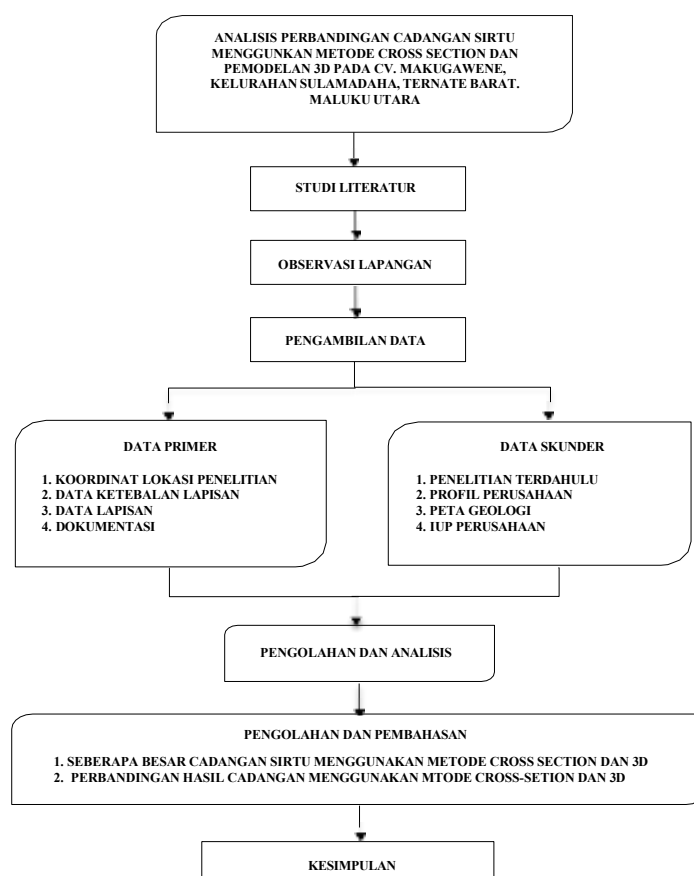
$$T = V \times BJ \quad (2)$$

Dimana:

$T$  = Tonase (ton)

$V$  = Volume ( $m^3$ )

$BJ$  = Berat jenis material ( $ton/m^3$ )

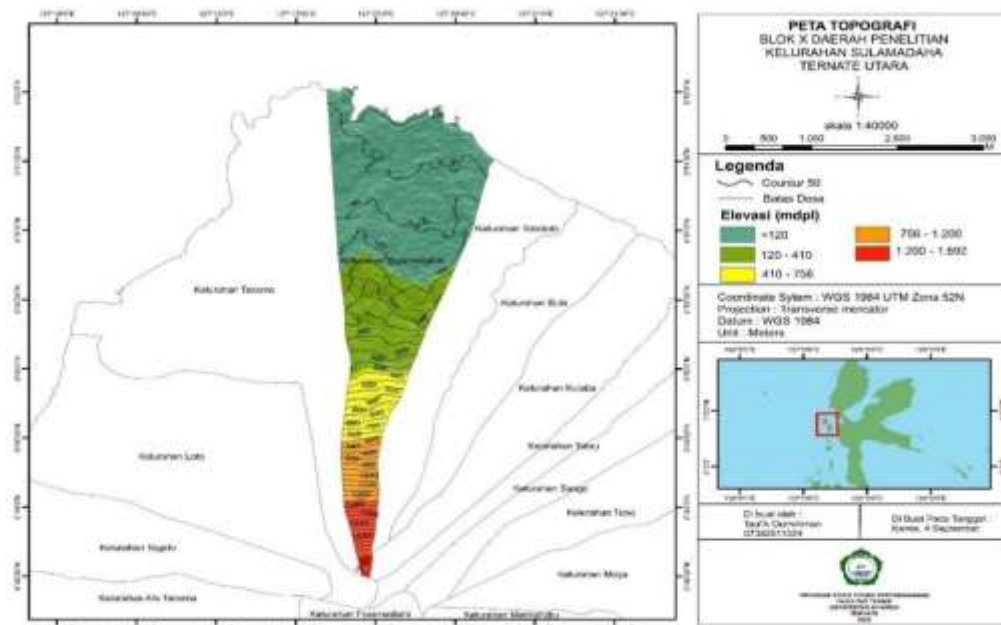


**Gambar 3.** Bagan alir penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil

Berdasarkan peta topografi, elevasi tertinggi pada wilayah penelitian mencapai 120 mdpl, sedangkan titik terendah berada pada 50 mdpl. Pada peta tersebut, legenda menunjukkan bahwa garis lurus menandakan batas administrasi desa, garis lengkung merepresentasikan kontur dengan interval 50 meter, sementara perbedaan warna menggambarkan variasi ketinggian (mdpl). Peta topografi daerah penelitian memiliki skala 1 : 40.000, sebagaimana ditampilkan pada (Gambar 3)

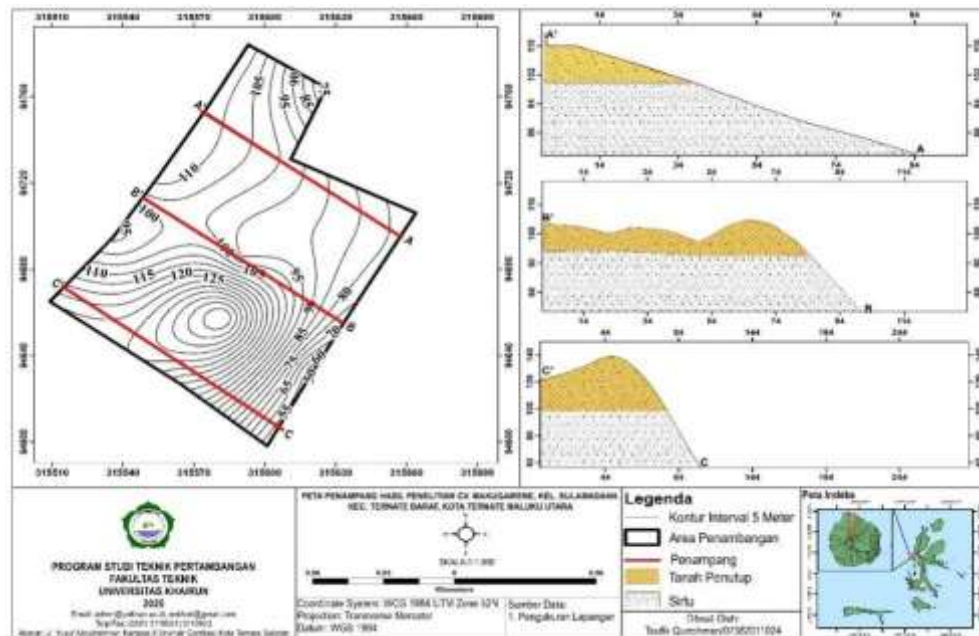


Gambar 4. Peta topografi lokasi penelitian

#### 3.1.1 Metode Cross-Section

Dalam tahap perhitungan cadangan sirtu ini, terbagi menjadi tiga tahapan yaitu mulai dari mengetahui ketebalan berdasarkan data pengambilan titik tebal batuan Sirtu, dilanjutkan dengan menyayat seluruh daerah penelitian dengan garis yang dapat merepresentasi informasi penampang, dan diakhiri dengan menghitung volume sumber daya batuan Sirtu. Peta topografi daerah penelitian dan dibagi menjadi beberapa syatan sesuai dengan data di lapangan. Jarak antar syatan untuk A,B,C adalah 115-149 m yang dibagi menjadi 3 syatan dengan tujuan untuk mendapatkan volume sumberdaya penambangan Sirtu, kemudian menggambarkan sayatan dan penampang untuk mengetahui lapisan batuan, potensi batu seluruhnya dapat tercover di sajikan dalam bentuk peta.

Tahap akhir adalah menghitung luas masing-masing penampang dengan bantuan perangkat lunak ArcMap, sehingga diperoleh nilai luas yang presisi pada setiap sayatan. Setelah itu dilakukan perhitungan manual menggunakan rumus mean area, yaitu luas penampang dikalikan dengan jarak antar penampang lalu dibagi dua. Dengan metode ini, diperoleh estimasi volume sumber daya sirtu yang terdapat pada daerah penelitian (Gambar 5)



**Gambar 5.** Peta sayatan lokasi penelitian

Pada peta tersebut ditarik tiga garis penampang utama, yaitu A–A', B–B', dan C–C', yang masing-masing merepresentasikan potongan melintang dari morfologi permukaan untuk menampilkan sebaran vertikal dan *horizontal* material penyusun. Ketiga garis penampang ini kemudian divisualisasikan dalam bentuk penampang geologi yang ditampilkan pada bagian kanan peta. Hasil interpretasi menunjukkan bahwa lapisan paling atas tersusun atas tanah penutup (*overburden*) yang ditandai dengan warna kuning kecoklatan, sedangkan di bawahnya tersingkap lapisan sirtu utama yang digambarkan dengan arsiran titik-titik menunjukkan komposisi pasir, kerikil, dan fragmen batuan vulkanik hasil aktivitas Gunung Api Gamalama

Diperoleh hasil perhitungan sumberdaya penambangan Sirtu pada daerah penelitian menggunakan metode cross-section tersebut didapatkan 3 penampang dengan jarak penampang sebesar 48-54 m didapatkan luas 17.373,62 m<sup>2</sup> atau 1,7 hektar dengan volume sebesar 453.505.49 m<sup>3</sup> mendapatkan total sumberdaya pertambangan sirtu di area penelitian. Berikut di sajikan juga table hasil perhitungan volume sumber daya batuan Sirtu pada daerah penelitian menggunakan metode cross section yang dapat di lihat pada (tabel 1)

**Tabel 1.** Volume Sirtu

| Penampang | Luas Penampang (m²) | Luasan Penampang (m²) | Jarak Antara Penampang (m) | Rumus     | Volume (m³) |
|-----------|---------------------|-----------------------|----------------------------|-----------|-------------|
| A-A'      | 1.959,43            | 6.751,55              | 48,33                      | Mean area | 163.151,21  |
| B-B'      | 4.792,12            |                       |                            |           |             |
| B-B'      | 4.792,12            | 10.622,07             | 54,67                      | Mean area | 290.354,28  |
| C-C'      | 5.829,95            |                       |                            |           |             |
| Jumlah    |                     |                       |                            |           | 453.505,49  |

### 3.1.1.1 Volume overburden

Pengukuran ketebalan rata-rata *overburden* di area penelitian dari 10 titik pengukuran adalah 1,97 m, setelah didapatkan ketebalan rata-rata *overburden* dilakukan perhitungan volume dengan menggunakan rumus lapisan tanah penutup yang ada dibawah ini.

$$V = LA \times t \quad (3)$$

Dimana:

$$V = \text{Volume (m}^3\text{)}$$

$$LA = \text{Elevasi Terendah (m) } t$$

$$= \text{Tebal Overburden (m) } V =$$

$$5.829,95 \times 1,97 \text{ meter } V =$$

$$11.485 \text{ m}^3$$

Hasil perhitungan volume overburden di daerah lokasi penelitian adalah sebesar 5.829,95 m<sup>3</sup>. Hasil volume *overburden* akan dikurangi dengan volume sumber daya sirtu dikarenakan metode *cross-section* menghitung secara keseluruhan dari seluruh volume. Hasil volume sirtu sebelum dikurangi *overburden* sebesar 453.505,49 m<sup>3</sup>. Volume batuan pumik setelah dikurangi dengan volume *overburden* adalah 453.505,49 m<sup>3</sup> - 11.485 m<sup>3</sup> = 442.020,49 m<sup>3</sup>.

### 3.1.1.2 Perhitungan Tonase

Berdasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) bahwa berat jenis pasir yaitu sebesar 1400 kg/m<sup>3</sup> atau 1,4 ton/m<sup>3</sup> maka perhitungan tonase cadangan pasir menggunakan metode *cross section* dapat dihitung menggunakan rumus persamaan 2, yaitu sebagai berikut:

$$T = V \times BJ \quad (4)$$

Keterangan:

$$T = \text{Tonase (ton) } V$$

$$= \text{Volume (m}^3\text{)}$$

$$BJ = \text{Berat jenis material (ton/m}^3\text{) Dimana:}$$

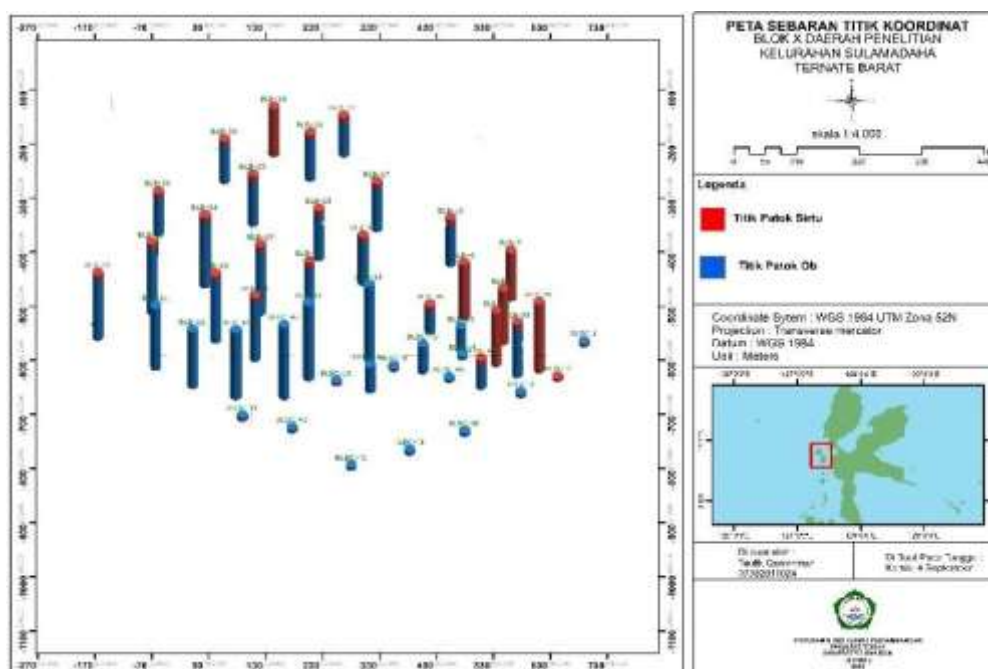
$$T = 442.020,49 \text{ m}^3 \times 1,4 \text{ m}^3$$

$$T = 618.828,68 \text{ Ton}$$

Maka hasil perhitungan tonase menggunakan rumus persamaan 2 didapatkan total tonase sumberdaya Pasir pada daerah penelitian sebesar 618.828,68 Ton

### 3.1.2 Metode Pemodelan 3D

Estimasi cadangan pada penelitian ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Leapfrog Geo*. Tahapan awal yang dilakukan yaitu membuat data titik patok lapisan dengan bantuan GPS sebagai patokan lubang bor, dan menggunakan data lapisan litologi sebagai acuan pembuatan struktur lapisan untuk di modelkan geometri berdasarkan data lapisan yang tersedia. Model tersebut berfungsi sebagai dasar untuk melakukan penaksiran volume litologi, baik Ob maupun Sirtu. Pemodelan yang digunakan berupa blok tiga dimensi (3D block model) yang memiliki dimensi panjang, lebar, dan tinggi, serta terdiri atas grid atau cell kecil. Seluruh blok model harus mencakup keseluruhan lubang bor agar hasil estimasi dapat merepresentasikan kondisi sebenarnya di lapangan. dapat di lihat pada (gambar 6)



Gambar 6. Sebaran titik koordinat lapisan

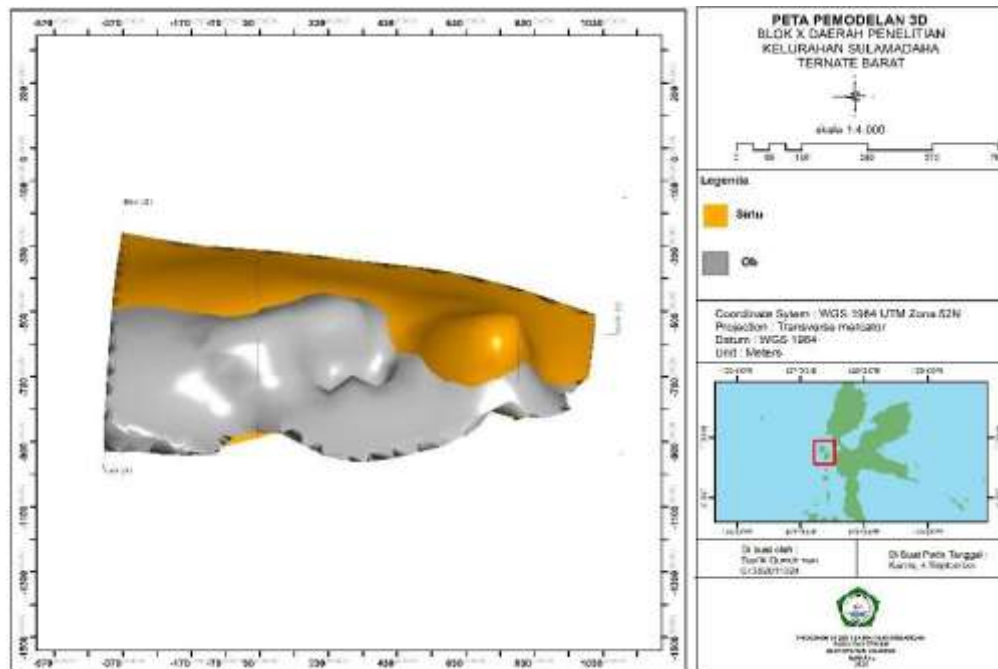
### 3.1.2.1 Pemodelan Dan Estimasi Cadangan

Estimasi cadangan dalam penelitian ini dilakukan dengan bantuan program Leapfrog Geo yang digunakan untuk menghitung hasil estimasi volume sumberdaya dan cadangan tersebut. Dalam melakukan proses estimasi, terlebih dahulu dibuatkan model bentuk yang sesuai dengan data titik bor. Sistem model yang digunakan yaitu secara keseluruhan merupakan support geometri untuk melakukan penaksiran nilai volume obse dan Sirtu. Pemodelan yang digunakan dalam estimasi sumberdaya Situ akan berupa blok tiga dimensi, Dimana memiliki dimensi panjang, lebar dan tinggi, terdiri dari grid atau cell yang lebih kecil dan keseluruhan model blok yang dibuat harus melingkupi semua lubang bor. Pemodelan 3D dapat dilihat pada Gambar 7

Dalam penelitian ini, proses pemodelan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Leapfrog Geo*, yaitu salah satu aplikasi geologi 3D yang berbasis pada sistem interpolasi spasial untuk menghasilkan representasi model bawah permukaan secara dinamis. Data yang digunakan dalam pemodelan meliputi data collar, data survey, dan data geologi, yang seluruhnya diolah melalui tahapan input, validasi, serta integrasi data dalam sistem koordinat yang sama agar menghasilkan model yang konsisten dan akurat [6]:

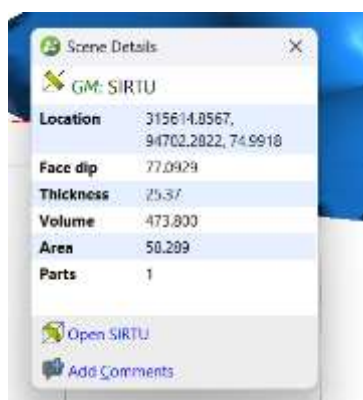
- Data *collar*: Informasi mengenai titik koordinat lubang bor yang mencakup posisi X (*Easting*), Y (*Northing*), dan Z (*Elevasi*). Data ini menjadi referensi spasial utama dalam model 3D.
- Data *survey*: Mencakup arah (*azimuth*), kemiringan (*dip*), dan panjang lubang bor. Penting untuk menentukan arah penetrasi lubang bor ke dalam tanah.

- c. Data geologi: Berisi informasi *litologi* dan struktur geologi dari hasil pengeboran dan observasi lapangan. Data ini digunakan untuk membangun batas geologi (*geological boundary*) dan interpretasi struktur bawah permukaan. Data *collar*, survey, dan geologi

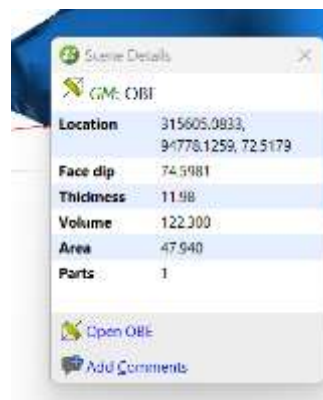


Gambar 7. Pemodelan 3D

(Gambar 7) memperlihatkan hasil pemodelan tiga dimensi (3D) dari daerah penelitian yang terletak di Kelurahan Sulamadaha, Kecamatan Ternate Barat. Pemodelan ini menggunakan Software *Leaproge Geo*. Tujuan utama dari pemodelan ini adalah untuk menggambarkan distribusi bawah permukaan dari material yang ada, yaitu sirtu (pasir dan batu) serta obe (lapisan penutup/overburden). Dalam model, sirtu ditampilkan dengan warna abu-abu yang terlihat dominan dan mengisi sebagian besar volume di bawah permukaan, sementara obe ditampilkan dengan warna kuning kecoklatan yang berada di bagian atas, menutupi lapisan sirtu. Dan adapun hasil volume yang dapat di lihat pada (gambar 8) dan (gambar 9)



Gambar 8. Volume Sirtu



Gambar 9. Volume Obe

### 3.1.2.2 Perhitungan Tonase

Berdasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) bahwa berat jenis pasir yaitu sebesar 1400 kg/m<sup>3</sup> atau 1,4 ton/m<sup>3</sup> maka perhitungan tonase cadangan pasir menggunakan metode leapfrog geo dapat dihitung menggunakan rumus persamaan 2, yaitu sebagai berikut:

$$T = V \times BJ \quad (5)$$

Keterangan:

T = Tonase (ton)

V = Volume (m<sup>3</sup>)

BJ = Berat jenis material (ton/m<sup>3</sup>)

Dimana:

T = 473.800 m<sup>3</sup> x 1,4 m<sup>3</sup>

T = 663.320 Ton

Berdasarkan hasil perhitungan volume sirtu di lokasi penelitian mencapai 473.800 m<sup>3</sup> dan volume overburden 122,300 m<sup>3</sup> dengan total cadangan sirtu di dapatkan 663.320 Ton. Jumlah ini menunjukkan bahwa keberadaan sirtu cukup melimpah dan memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber daya material konstruksi, seperti untuk pembangunan jalan, beton, dan infrastruktur lainnya.

## 3.2 Pembahasan

Metode cross-section dilakukan dengan membagi daerah penelitian menjadi beberapa penampang, yaitu A–A', B–B', dan C–C', yang merepresentasikan kondisi geometri bawah permukaan secara linear. Setiap penampang dibuat berdasarkan data lapangan berupa titik koordinat, ketebalan lapisan, serta interpretasi litologi. Luas penampang dihitung menggunakan perangkat lunak ArcMap untuk memastikan ketelitian perhitungan. Selanjutnya, volume dihitung menggunakan rumus mean area sehingga menghasilkan total volume sebesar 453.505,49 m<sup>3</sup>. Setelah dikurangi volume overburden, diperoleh volume bersih 442.020,49 m<sup>3</sup>, dengan total tonase sebesar 618.828,68 ton berdasarkan berat jenis material 1,4 ton/m<sup>3</sup>. Meskipun metode ini cukup efektif dan sederhana, akurasi terbatas karena hanya memproyeksikan data secara dua dimensi dan sangat bergantung pada jumlah serta jarak antar-penampang.

Pemodelan 3D menggunakan Leapfrog Geo dilakukan dengan mengintegrasikan data koordinat, ketebalan lapisan, litologi, serta kontur topografi untuk menghasilkan model bawah permukaan yang lebih realistis. Leapfrog Geo bekerja dengan metode pemodelan implisit sehingga mampu menggambarkan bentuk endapan sirtu secara detail dan kontinu. Pemodelan menunjukkan penyebaran lapisan sirtu yang lebih jelas, termasuk ketebalan, geometri, dan hubungan antara lapisan sirtu serta overburden. Dari hasil pemodelan, volume endapan sirtu diperoleh sebesar 473.800 m<sup>3</sup>, dan setelah dikonversikan menggunakan berat jenis 1,4 ton/m<sup>3</sup> menghasilkan total tonase 663.320 ton. Pemodelan 3D memberikan keunggulan signifikan karena mampu mengakomodasi variasi ketebalan dan geometri yang tidak dapat ditangkap oleh metode penampang.

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh selisih volume cadangan batuan Sirtu antara metode cross-section dan metode pemodelan 3D sebesar 31.779,51 m<sup>3</sup>. Nilai ini menunjukkan adanya perbedaan estimasi yang tidak signifikan antara kedua metode. Untuk mengetahui besarnya deviasi secara relatif, dilakukan perhitungan persentase selisih terhadap rata-rata volume kedua metode. Dari hasil perhitungan, persentase selisih yang diperoleh sebesar 4,68%

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Total sumberdaya yang diperoleh pada CV. Makugawene. dengan menggunakan metode Cross-Section 442.020,49 m<sup>3</sup>, Sedangkan total sumberdaya yang diperoleh dengan metode 3D diperoleh sebesar 473.800 m<sup>3</sup>.
2. Selisih hasil estimasi sumberdaya antara metode Cross-Section dan Metode 3D sebesar 31.779,51 m<sup>3</sup>. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut di dapatkan selisih sebesar 4,68% Dengan merekomendasikan menggunakan Metode 3D sebagai acuan utama dalam perhitungan cadangan. Hal ini didasarkan pada kemampuannya dalam menggambarkan geometri tubuh batuan secara lebih detail, akurat, dan representatif melalui pendekatan blok model serta interpolasi spasial.

#### 5. Referensi

- [1] T. Apandi, “Peta Geologi Lembar Pulau Ternate,” *Badan Geologi*, 1998.
- [2] Yanny dan W. Conoras, “Penyuluhan Potensi Bahan Galian Golongan C Di Kelurahan Sasa Kota Kota Ternate,” *JURNAL ABDIMAS TGD*, pp. 8-15, 2023.
- [3] I. M. Sibuka, “Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit Dengan Membandingkan Metode Nearets Neighbour Point Dan Inverse Distanc Weighting.,” *GEOMINE*, pp. 44-49, 2016.
- [4] Purwonugroho, “Estimasi Sumberdaya Pasir Batu Dengan Metode Cross section Dan Metode Contur Di PT. MUNTIPLUS SEPAKAT, Di Desa Kepuharjo, KEC Cngkring, KAB Sleman, DIY. Yogyakarta,” 2020.
- [5] F. Berlian, “Modul Pengenalan Dasar Leapfroge Geo,” pp. 1-7, 2017.
- [6] M. R. Rafsanjani, Djamaluddin dan H. Bakri, “Estimasi Sumberdaya Bijih Nikel Laterit Dengan Menggunakan Metode IDW Di Provinsi Sulawesi Tenggara,” *Jurnal Geomine*, pp. 19-22, 2016.