



Perbandingan Perhitungan Volume Stockpile Batu Andesit Menggunakan Alat Survey Terrestrial Laser Scanner dan Global Positioning Sistem Real Time Kinematik pada PT. Bara Tabang

Gideon Samari Suno^{1*}, Henny Magdalena², Windhu Nugroho³, Agus Winarno⁴,
Tommy Trides⁵

¹⁻⁵Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman,
Indonesia

Email : gideonsamarii@gmail.com, henny_magdalena@ft.unmul.ac.id

Alamat: JL. Kuaro, Gn Kelua, Kec. Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Kalimantan Timur
Korespondensi penulis : gideonsamarii@gmail.com

Abstract. Stockpiles are accumulations of materials such as coal or ore stored at specific locations. Accurate stockpile volume measurement is crucial in the mining and logistics industries for inventory management and cost efficiency. Conventional methods like Real-Time Kinematic (RTK) GPS rely on surface coordinate measurements but require numerous points, especially for irregular-shaped objects. Newer technologies like Terrestrial Laser Scanners (TLS) offer high-precision alternatives by capturing thousands of points per second, expediting and enhancing the resolution of volume measurements. This study compares TLS and RTK GPS methods in measuring the volume of andesite rock stockpiles at PT Bara Tabang. This research uses a quantitative approach, involving six Ground Control Points (GCPs) measured using the Sokkia GRX2 RTK GPS on October 24, 2024. TLS generated over 8.6 million point cloud data filtered down to 35,197 points, while RTK GPS yielded 2,276 coordinates. Accuracy testing showed very small RMSE values (RMSE_R: 0.008 m; RMSE_Z: 0.007 m), and both LE90 and CE90 demonstrated 90% confidence within a 0.012 m range. Volume calculation using Surpac software with the cut and fill method showed TLS produced a volume of 18,766 bcm (51,982 tons/m³), while RTK GPS resulted in 18,694 bcm (51,782 tons/m³), with a difference of 72 bcm or 0.211%. These results indicate that both methods offer acceptable accuracy; however, TLS provides greater data density, efficiency, and precision, particularly for complex or large-scale stockpile objects. Therefore, TLS is recommended for high-accuracy volume measurement in mining operations that require efficiency and detailed analysis.

Keywords: Stockpile Measurement, RTK GPS, Terrestrial Laser Scanner, Point Cloud, Mining Survey.

Abstrak. Stockpile merupakan tumpukan material seperti batu bara atau bijih yang disimpan di lokasi tertentu. Pengukuran volume stockpile secara akurat sangat penting dalam industri pertambangan dan logistik untuk pengelolaan stok dan efisiensi biaya. Metode konvensional seperti GPS Real-Time Kinematic (RTK) mengandalkan pengukuran koordinat permukaan, namun membutuhkan banyak titik, terutama untuk bentuk objek yang tidak beraturan. Teknologi terbaru seperti Terrestrial Laser Scanner (TLS) menawarkan alternatif berpresisi tinggi dengan kemampuan merekam ribuan titik per detik, sehingga mempercepat dan meningkatkan resolusi pengukuran volume. Penelitian ini membandingkan penggunaan TLS dan GPS RTK dalam mengukur volume stockpile batu andesit di PT Bara Tabang. Pendekatan penelitian ini bersifat kuantitatif, dengan enam titik Ground Control Point (GCP) yang diukur menggunakan GPS RTK Sokkia GRX2 pada tanggal 24 Oktober 2024. TLS menghasilkan lebih dari 8,6 juta titik point cloud yang difilter menjadi 35.197 titik, sedangkan GPS RTK menghasilkan 2.276 titik koordinat. Pengujian ketelitian menunjukkan nilai RMSE yang sangat kecil (RMSE_R: 0,008 m; RMSE_Z: 0,007 m), serta nilai LE90 dan CE90 menunjukkan tingkat kepercayaan 90% dalam batas 0,012 m. Perhitungan volume menggunakan software Surpac dengan metode cut and fill menunjukkan bahwa TLS menghasilkan volume sebesar 18.766 bcm (51.982 ton/m³), sedangkan GPS RTK menghasilkan 18.694 bcm (51.782 ton/m³), dengan selisih sebesar 72 bcm atau 0,211%. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua metode memiliki akurasi yang dapat diterima, namun TLS memberikan kepadatan data, efisiensi, dan ketelitian yang lebih tinggi, terutama untuk objek stockpile yang kompleks atau berskala besar. Oleh karena itu, TLS direkomendasikan untuk pengukuran volume berakurasi tinggi dalam operasi pertambangan yang menuntut efisiensi dan detail.

Kata Kunci: Pengukuran Stockpile, GPS RTK, Terrestrial Laser Scanner, Point Cloud, Survei Pertambangan.

1. LATAR BELAKANG

Stockpile adalah tumpukan material seperti batu bara atau bijih yang disimpan di lokasi tertentu. Pengukuran volume stockpile secara akurat sangat penting dalam industri pertambangan dan logistik untuk pengelolaan stok dan efisiensi biaya. Metode GPS RTK sering digunakan dengan cara mengukur koordinat permukaan objek, namun membutuhkan banyak titik jika bentuk objek tidak beraturan. Teknologi terbaru seperti Terrestrial Laser Scanner (TLS) mampu merekam ribuan titik per detik, sehingga mempercepat dan mempermudah proses pengukuran.

Di PT Bara Tabang, TLS telah menjadi alat utama dalam pengukuran volume karena akurasinya yang tinggi. Hasil dari TLS digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan perusahaan. Penelitian ini membandingkan metode GPS RTK dan TLS dalam mengukur volume stockpile batu andesit, dengan tujuan memberikan rekomendasi alat yang paling akurat dan efisien berdasarkan data di lapangan.

2. KAJIAN TEORITIS

Batu andesit merupakan salah satu komoditi pertambangan bahan galian C yang banyak dibutuhkan oleh masyarakat seperti untuk pondasi bangunan, pengaspalan jalan, pembuatan jembatan, pembuatan bronjong sungai dan lain sebagainya. Dalam pemanfaatannya dibutuhkan batuan andesit dengan kualitas yang baik, sementara batu andesit yang tersingkap di permukaan telah mengalami pelapukan, sehingga menurunkan kualitas andesit (Atmadja et al., 2020)



Gambar 1. Stockpile batu andesit

Ketika dalam tahap penambangan, batu andesit yang ditambang, diangkut keluar dari tambang menuju ke *Run of Mine* (ROM) ataupun *stockpile* di mana akan ditampung sementara untuk melalui tahap selanjutnya. Menurut (Muchjidin, 2013) *stockpile* ialah tempat untuk menampung material hasil penambangan dalam bentuk tumpukan. Ditinjau dari segi tempatnya atau site, setelah material keluar dari tambang, ada dua tahapan yang

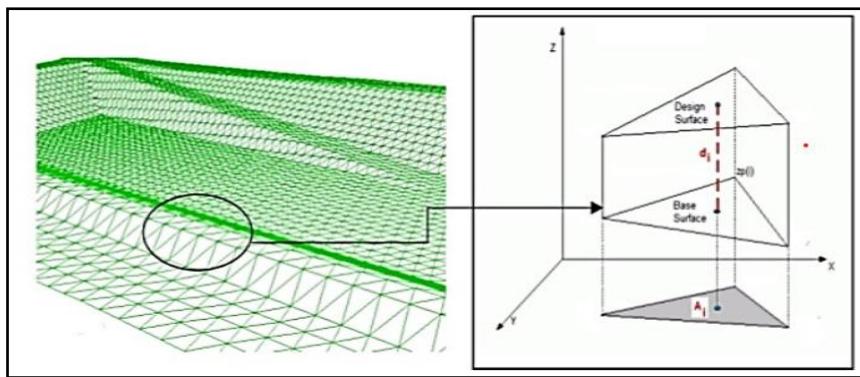
mungkin dilaluinya, yaitu dibersihkan dulu di pusat pencucian, kemudian disimpan di *stockpile* atau langsung diangkut ke pelabuhan muat untuk ditimbun.

Terrestrial Laser Scanning (TLS) adalah sebuah teknik menggunakan cahaya *Laser* untuk mengukur titik-titik dalam sebuah pola secara langsung dalam tiga dimensi dari yang ada pada permukaan objek dari sebuah tempat di permukaan bumi. Hasil yang didapatkan dari pengukuran TLS ini adalah *Point Clouds* yang berkoordinat tiga dimensi terhadap tempat berdiri alat. *Point Clouds* tersebut adalah kumpulan titik-titik dalam jumlah banyak yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan model tiga dimensi. TLS ini mempunyai kekurangan yaitu ketidakmampuan TLS dalam mengakuisisi warna yang sesuai dengan warna aslinya. Warna yang di dapatkan oleh alat TLS adalah intensitas pantulan dari benda yang di tembak oleh *Laser* (Genechten, 2008).

Pada kurun waktu 10 – 15 tahun terakhir perangkat *GPS* berbasis satelit memiliki peranan yang penting dalam kehidupan sehari-hari. Bidang transportasi, navigasi, smartphone, dan kegiatan survei pemetaan merupakan contoh dari penggunaan *GPS*. Dengan meningkatnya penggunaan *GPS* dalam menentukan koordinat dan elevasi suatu lokasi, maka terjadi peningkatan kebutuhan untuk tingkat akurasi yang lebih baik. Hal ini dibutuhkan dalam perangkat-perangkat seperti mobil atau kendaraan otomatis, pesawat tanpa awak (uav/drone), peralatan survei dan pengukuran lahan serta infrastruktur/bangunan, dan juga fenomena-fenomena geologi seperti longsoran, amblesan tanah, pergeseran bangunan, dan sebagainya. Namun, peralatan *GPS RTK* dengan tingkat akurasi yang tinggi hanya terbatas pada pemerintahan dan professional seperti surveyor lahan karena harganya yang sangat mahal. Hal ini menyebabkan tidak semua orang dapat mengaksesnya (Bredesen, 2019).

Volume adalah jumlah ruang yang ditempati oleh sampel material. Material yang dimaksud dapat berupa material padat, cair, maupun gas. Volume benda pada prinsipnya biasa dihitung dengan mengalikan panjang dengan lebar (luas alas) dan tingginya. Karena masing- masing adalah pengukuran besaran panjang, maka bisa dikatakan bahwa satuan volume yang berasal dari satuan panjang.

Perhitungan volume dengan Metode *Cut and Fill* dilakukan dengan menghitung luasan penampang atas dan penampang bawah serta jarak antara kedua penampang tersebut (Hadi & Rizani, 2023). Volume dihitung dari surface 3D model yang dibentuk dari *Triangulated Irregular Network* (TIN). TIN membentuk suatu geometri prisma dari dua permukaan. Dua permukaan ini adalah design surface dan base surface.



Gambar 2 Perhitungan Volume dengan Metode Cut and Fill (Hadi and Rizani 2023)

Untuk mendapatkan hasil selisih pengukuran volume dari TLS dan RTK ini menggunakan rumus: (Model dkk, 2021)

$$(V\%) = \frac{(Vol(RTK) - Vol(TLS))}{Vol(TLS)} \times 100\%$$

Keterangan:

V% : Persentase Perbedaan Volume (%)

Vol(RTK) : Volume hasil perhitungan data RTK (BCM)

Vol(TLS) : Volume hasil perhitungan data TLS (BCM).

Ketelitian geometri adalah ketelitian yang menggambarkan ketidak pastian koordinat posisi atau objek pada peta dibandingkan dengan koordinat posisi objek yang dianggap posisi sebenarnya. Komponen ketelitian geometri terdiri atas:

- Akurasi horizontal.
- Akurasi vertikal

Uji ketelitian posisi dilakukan hingga mendapatkan tingkat kepercayaan peta 90% *Circular Error* (CE90) dan *Linear Error* (LE90). CE90 adalah ukuran ketelitian geometrik horizontal yang didefinisikan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan posisi horizontal objek di peta dengan posisi yang dianggap sebenarnya tidak lebih dari radius tersebut. LE90 adalah ukuran ketelitian geometrik vertikal (ketinggian) yaitu jarak yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar dari nilai jarak tersebut (Badan Informasi Geospasial, 2014)

RMSE (Root Mean Square Error) RMSE atau dikenal juga dengan RMS residual adalah nilai perbedaan antara nilai sebenarnya dengan nilai hasil ukuran. Semakin besar nilai RMSE, maka semakin besar pula kesalahan hasil ukuran terhadap kondisi yang

sebenarnya. RMSE didapatkan dari proses pembagian antara nilai akar kuadrat total selisih ukuran kuadrat dengan jumlah ukuran yang digunakan (Harvey, 2006)

3. METODE PENELITIAN

Tahapan persiapan

Pada penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu, tahap pra lapangan, tahap lapangan, dan tahap pengolahan data.

Tahap Pra Lapangan

Tahapan persiapan yang dilakukan meliputi:

a) Studi literatur

Tahap awal sebelum melakukan penelitian ini adalah studi literatur. Studi literatur meliputi berbagai literatur dari buku, jurnal dan juga hasil atau laporan dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

b) Observasi lapangan

Tahapan ini bertujuan untuk melakukan pengamatan atau observasi langsung terhadap Lokasi/daerah penelitian

c) Peralatan lapangan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian kali ini merupakan alat dan bahan dari PT. Bara Tabang.

Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data untuk dilakukan analisis, pengambilan data di lapangan dengan pengamatan langsung serta observasi dan juga data yang diperoleh dari Perusahaan adapun data yang diperoleh yaitu data primer dan data sekunder.

Data Primer

Data primer adalah data yang didapat langsung di lapangan, data primer yang diambil adalah:

1) Titik kontrol atau backsight TLS

Titik ini ini digunakan dalam pengukuran TLS untuk dijadikan backsight sehingga data yang di ambil menggunakan alat TLS mendapat titik control atau koordinat yang baik. Pada penelitian ini, titik yang digunakan adalah titik banch mark yang telah dilakukan pengukuran sebelum dijadikan stockile



Gambar 3. Base TLS

2) Data Scanning

Pengukuran dengan *Terrestrial Laser Scanner* terdiri dari 2 tahap yaitu tahapan pemotretan objek dan tahapan scanning objek berupa yang akan menjadi *Point Cloud*. Pengukuran menggunakan alat *Terrestrial Laser Scanner* dilakukan dengan beberapa titik berdiri alat, supaya mendapatkan hasil *scanning* yang maksimal.

Pada pengukuran *Laser scanner* terdapat 12 kali berdiri alat dengan rata-rata melakukan *scan ning* berkisar 5-10 menit per titik dengan setungan alat yaitu dengan mode scan normal, kepadatan titik scanning yaitu 1 meter, dengan mode titik scanning menggunakan titik Terbaik dan Tingkatan scanning halus.



Gambar 4. Terrestrial Laser Scanner



Gambar 5. Controller Terrestrial Laser Scanner

Pengukuran dengan *Terrestrial Laser Scanner* dilakukan menggunakan alat *scanner* Leica HDS8800 yang dilakukan di beberapa titik berdiri alat, agar mendapatkan hasil *scanning* yang maksimal. Adapun Langkah-langkah dalam pengambilan data *scanner* yaitu:

a. Penentuan Posisi Pemindaian *Scanner*

Sebelum dilakukannya pemindaian objek, terlebih dahulu dilakukan pemilihan titik-titik pemindaian yang baik untuk memastikan cakupan scanning mencangkup dari objek atau area yang diukur.

b. Penyetelan Alat

Pengaturan alat dilakukan untuk memastikan akurasi pengukuran. Pengaturan ini di lakukan di kontroller alat TLS dengan penentuan resolusi pemindaian, sudut pemindaian, dan mode-mode pemindaian.

c. Proses Pemindaian

TLS melakukan pemindaian objek dengan mengirimkan sinar laser yang akan dipantulkan kembali ke alat untuk mencatat jarak dan posisi titik-titik pada permukaan objek. Hasilnya adalah kumpulan data dalam bentuk *point cloud*.

3) Data koordinat GPS RTK (Real Time Kinematik),

Metode pengamatan GNSS dengan menggunakan minimal 2 buah receiver yaitu 1 Base (Diam) dan 1 Rover (Bergerak) serta 1 Controller. Data yang didapat dari alat *GPS RTK* adalah titik Koordinat yang di ambil *surveyor* sesuai dengan situasi aktual pada *Stockpile*. Pada pengukuran *GPS RTK* didapat 2276 titik, dengan pengukuran dimulai dari jam 09:00 hingga 15:00 dimana menggunakan 2 alat rover dan base.



Gambar 6. Base dan Rover GPS RTK



Gambar 7. Controller GPS RTK

Data Sekunder

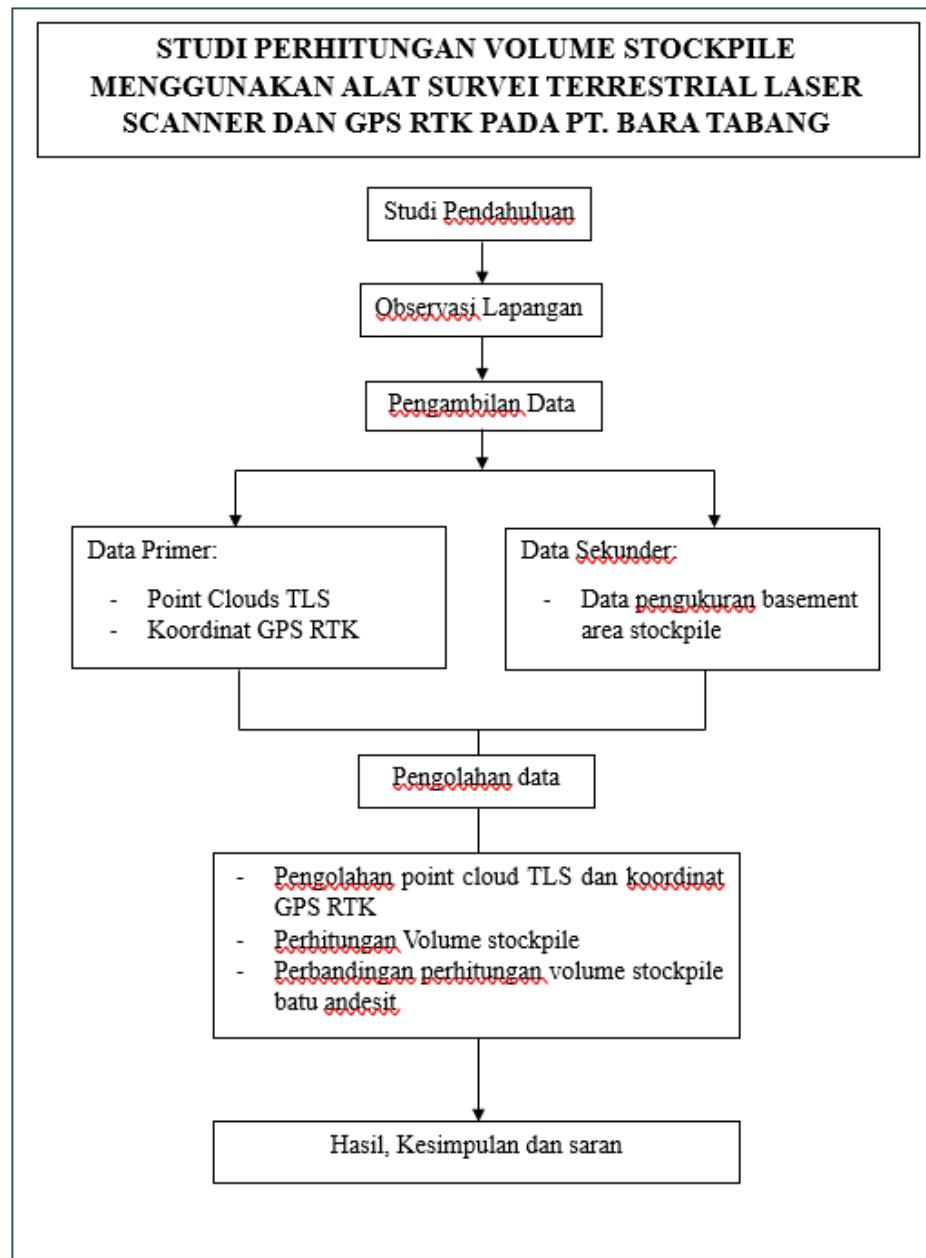
Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung, yang mana didapat dari penelitian atau pengujian sebelumnya yang dilakukan oleh Perusahaan, yaitu: Basement *Stockpile* untuk pengukuran volume. Diperoleh dari departemen *survey* berupa data Basement area sebelum dilakukannya penimbunan di area stockpile.

Tahap pengolahan data

Setelah dilakukan pengambilan data lapangan dan didapatkan data hasil scanning dari *TLS* dan data koordinat dari *RTK*, setelah itu dilakukan pengolahan data menggunakan dua software yang berbeda dimana data hasil scanner diolah menggunakan software *TLS* bawaan alat, kemudian dilanjut perhitungan volume menggunakan software *surpac* dan data koordinat dari *RTK* diolah dahulu menggunakan *Microsoft Excel*, kemudian dilanjut perhitungan volume menggunakan software *surpac*.

Kesimpulan dan Saran

Pada bagian ini berisi tentang kesimpulan yang didapatkan setelah menyelesaikan tahapan pengolahan data. Kesimpulan diperoleh setelah dilakukan atau menganalisa permasalahan yang ada pada proses pengukuran dilapangan.



Gambar 8. Diagram alir penelitian

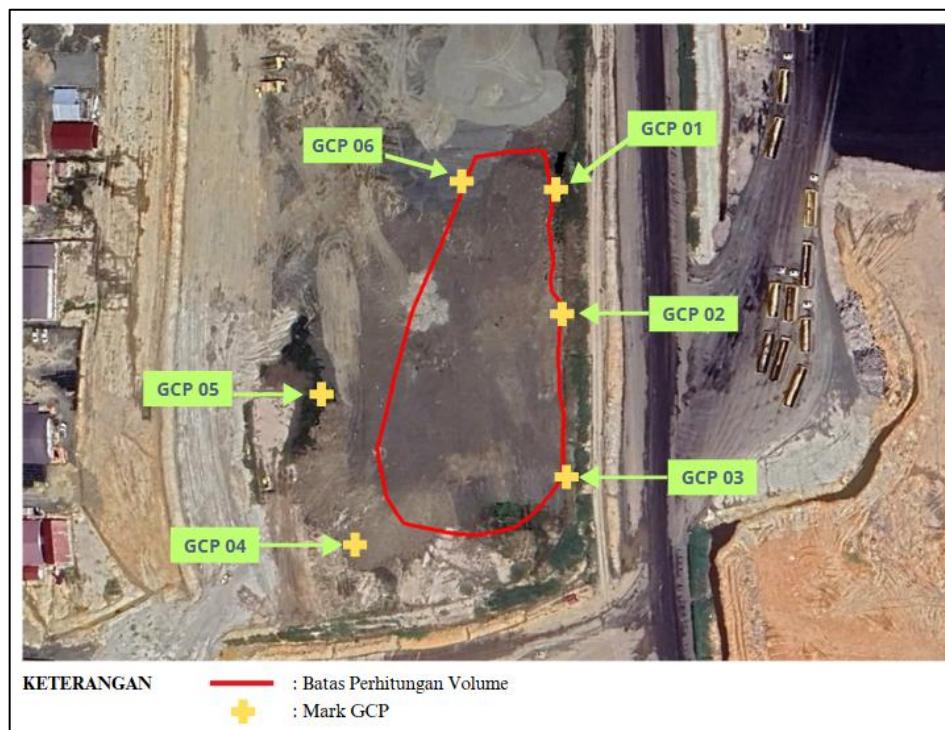
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ground Control Point (GCP). Pada penelitian ini digunakan 6 titik GCP. Pengambilan titik kontrol tanah menggunakan alat *GPS Sokkia GRX2* dengan metode *Real Time Kinematik* (RTK) yang dilakukan pada tanggal 24 Oktober 2024, dari pengambilan data ini diperoleh koordinat GCP sebagai berikut.

Table 1. Koordinat GCP

GCP	X (m)	Y (m)	Z (m)
GCP01	403685	55790.553	67.787
GCP02	403687	55744.566	68.401
GCP03	403688	55684.086	67.869
GCP04	403608	55659.38	67.97
GCP05	403596	55715.517	67.496
GCP06	403648	55794.302	71.059

Berdasarkan tabel 1 diatas diperoleh 6 koordinat GCP dengan titik GCP tersebar di area pengukuran dalam koordinat X (Timur), Y (Utara) dan Z (Elevasi) dengan elevasi terendah berada pada GCP06 dan elevasi tertinggi pada GCP02. Koordinat ini menunjukkan titik-titik kontrol yang digunakan untuk memastikan ketepatan pengukuran



Gambar 9. Sebaran GCP

RMSE (Root Mean Square Error) adalah suatu metode untuk mengukur kesalahan atau ketidakakuratan dalam pengukuran survey. RMSE digunakan untuk menghitung rata-rata kesalahan antara nilai yang diukur dan nilai yang sebenarnya dan memberikan gambaran tentang seberapa jauh hasil pengolahan data (koordinat prediksi) dari titik kontrol (GCP).

Uji ketelitian dilakukan pada GCP menggunakan Alat *GPS Sokkia GRX2 RTK* yang nantinya akan dihitung dengan menggunakan metode RMSE, sehingga didapat koordinat GCP sebagai berikut:

Table 2. Nilai Uji Ketelitian GCP

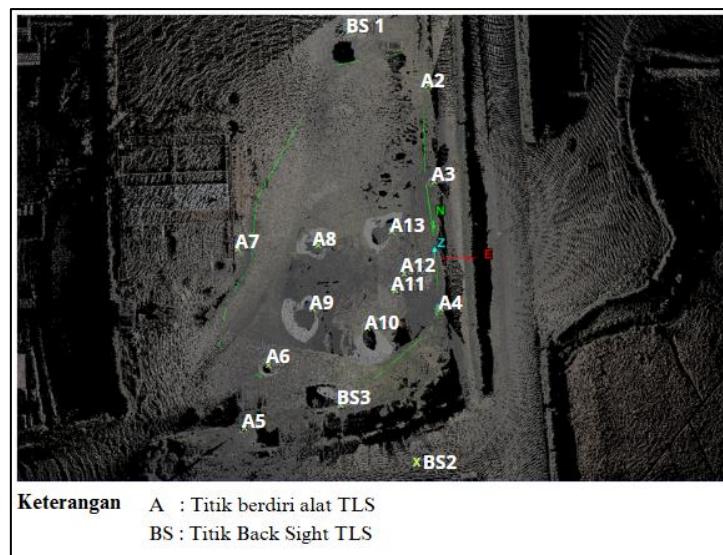
GCP	X Error (m)	Y Error (m)	Z Error (m)
GCP01	0.003	0.005	0.002
GCP02	0.007	0.002	0.006
GCP03	0.002	0.002	-0.009
GCP04	-0.01	0.01	0.013
GCP05	0.009	-0.001	0.004
GCP06	0.003	0.002	-0.005
RMSE	0.006	0.005	0.007
RMSEr	0.008	RMSEz	0.007
CE90	0.012	LE90	0.012

Nilai uji ketelitian GCP pada tabel 2 di atas, nilai RMSE dengan hasil sebagai berikut, RMSEr 0,008 m, RMSEz: 0,007 m. Dari nilai ini menunjukkan bahwa kesalahan koordinat untuk masing-masing sumbu (X, Y, Z) sangat kecil. Hasil ini menunjukkan bahwa ketelitian hasil pengukuran yang sangat baik untuk survey TLS dengan GCP.

LE90 (*Linear Error at 90%*) dan CE90 (*Circular Error at 90%*). Kedua ukuran ini sering digunakan untuk mengevaluasi akurasi geospasial, terutama dalam konteks TLS atau GPS RTK, dan mewakili batas akurasi dalam 90% dari keseluruhan pengukuran. Hasil ini menunjukkan bahwa 90% dari kesalahan horizontal diperkirakan akan berada dalam batas 0,012 m menggunakan rumus perhitungan 2.5, sementara 90% dari kesalahan vertikal diperkirakan berada dalam 0,012 m diperoleh dari rumus perhitungan 2.6.

Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Peta ini memiliki ketelitian horizontal sebesar 0,012 m dan ketelitian vertikal sebesar 0,012 m yang mengacu pada tabel 2.1 dan 2.2. Kelas ketelitian peta ini adalah ketelitian horizontal kelas 1 dan ketelitian vertikal kelas 1, dengan skala 1:1000.

Pengolahan data stockpile hasil pengukuran menggunakan alat survei TLS menggunakan software maptek i-site. Dalam penelitian ini dilakukan 12 kali berdiri alat dan 3 backsight.



Gambar 10. Titik backsight dan titik berdiri alat TLS

Filtering data *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) adalah proses untuk menghilangkan noise dan data yang tidak diinginkan dari data TLS yang telah dikumpulkan. Setelah dilakukan proses registrasi didapatkan model 3D dimana model tersebut terdiri dari berjuta-juta point cloud. jumlah data point cloud pada obyek sebelum proses filtering yakni sebanyak 8.640.268 titik. Terlihat berdasarkan gambar 4.8 Setelah dilakukan proses filtering, yang sebelumnya memiliki banyak point clouds yakni 8.640.268 titik dan setelah dilakukaknya filtering tersisa sebanyak 35.197 ribu titik. Berikut adalah hasil proses filtering data point cloud pada objek



Gambar 11. Sebelum dilakukan filtering

Pada gambar 11 merupakan proses sebelum dilakukannya filtering data hasil pengukuran laser scanner, terlihat di gambar yang masih tidak beraturan dan masih tidak jelas itu karena belum dilakukannya filtering yang nantinya setelah di filtering akan mendapat hasil yang baik.

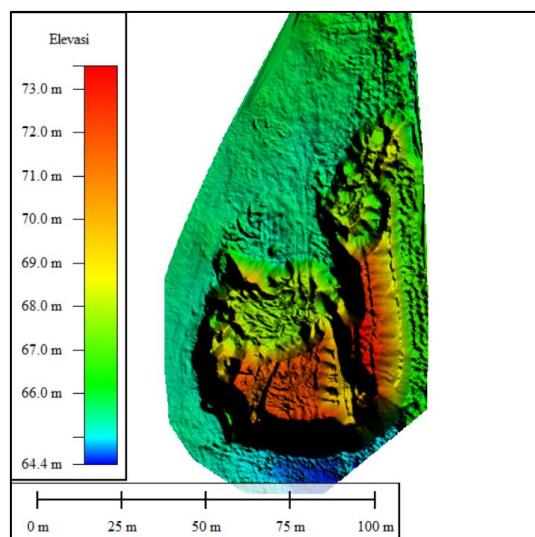


Gambar 12. Setelah filtering

Berdasarkan gambar 13 merupakan hasil filtering data hasil pengukuran laser scanner yang terlihat hanya terfokus ke objek pengukuran, setelah filtering ini pula mengurangi point clouds yang sebelumnya memiliki jutaan point clouds, setelah dilakukannya filtering akan mendapat hasil point clouds yang berfokus pada objek saja. Setelah proses filtering telah menjadi point cloud maka sudah dapat dilakukan perhitungan volume.



Gambar 13. Batas perhitungan volume



Gambar 14. Hasil pengukuran TLS

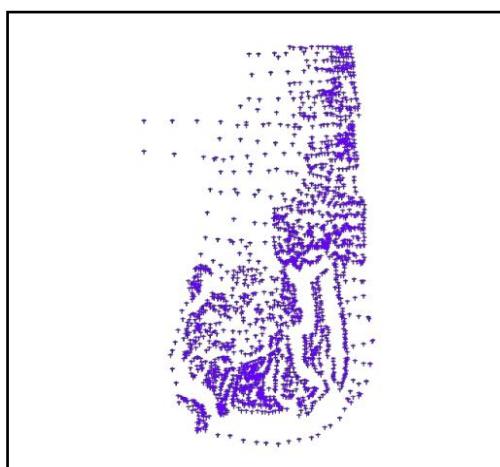
Perhitungan volume stockpile batu andesit pada alat ukur *Terrestrial Laser Scanner*, di lakukan dengan menggunakan metode perhitungan *cut and fill*. Pada penelitian ini didapat hasil perhitungan volume dengan alat TLS yaitu:

Table 3. Hasil Perhitungan Volume *Cut and Fill TLS*

Stockpile Batu Andesit	TLS	Luas Area
Volume Bcm	18.766	1 Ha
Volume ton/m ³	51.982	1 Ha

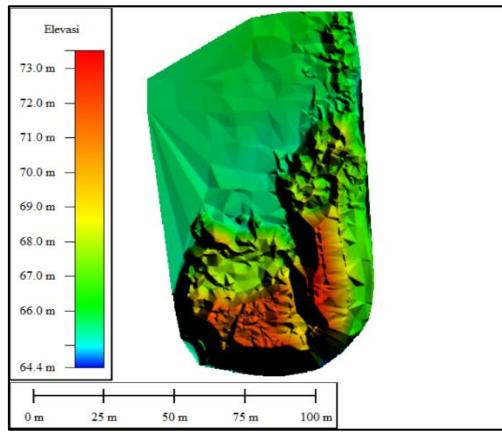
Pada table dapat dilihat bahwa hasil perhitungan yang diperoleh dari data pengukuran menggunakan alat TLS dan dihitung menggunakan software Surpac dengan metode *Cut and Fill* dan di dapat hasil 18.766 bcm atau 51.982 ton/m³.

Pengolahan data hasil pengukuran stockpile batu andesite dengan menggunakan alat ukur *GPS RTK* dengan hanya mendirikan 1 base dan satu receiver yang berjalan dan diolah untuk perhitungan volume stockpile batu andesite.



Gambar 15. Sebaran titik pengukuran GPS RTK

Berdasarkan gambar 15 merupakan sebaran titik pengukuran *GPS RTK*, Obyek timbunan batu andesit yang diukur dengan menggunakan alat ukur *GPS RTK* ini memiliki titik koordinat sebanyak 2.276 titik koordinat pada obyek stockpile batu andesit. Dari hasil ini juga sudah dapat diproses untuk menghitung volume stockpile di software surpac dengan metode *cut and fill*.



Gambar 16. Hasil pengukuran GPS RTK

Dapat diketahui dari gambar 4.15 dapat diketahui dari data koordinat hasil pengukuran dari GPS RTK elevasi terendah yang diperoleh adalah 64.4 m dan yang tertinggi adalah 73 m sedangkan panjang area *point cloud* adalah 100 m.

Perhitungan volume stockpile batu andesit pada alat ukur *GPS RTK*, dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan *cut and fill*. Pada penelitian ini didapat hasil perhitungan volume dengan alat TLS yaitu:

Table 4. Hasil perhitungan volume cut and fill GPS RTK

Stockpile Batu Andesit	GPS RTK	Luas Area
Volume Bcm	18.694	1 Ha
Volume ton/m ³	51.782	1 Ha

Berdasarkan tabel 4 diperoleh hasil perhitungan volume dari data pengukuran yang menggunakan *GPS RTK* dengan menggunakan *software Surpac* adalah sebesar 18.647 bcm atau 51.782 ton/m³.

Perbandingan perhitungan volume dari data pengukuran data point cloud *Terrestrial Laser Scanner* dengan *GPS RTK* dilakukan dengan metode *cut and fill*. Berikut adalah hasil perhitungan

Table 5. Perbandingan Hasil Perhitungan Kedua Alat Survey

Stockpile Batu Andesit	TLS	GPS RTK	Luas Area
Volume (Bcm)	18.766	18.694	1 Ha
Volume ton/m ³	51.982	51.782	1 Ha

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa volume hasil perhitungan *cut and fill* yang diperoleh dari data TLS pada tanggal 24 Oktober 2024 sebesar 18.766 bcm atau 51.982 ton/m³, dan volume hasil perhitungan *cut and fill* yang diperoleh dari data hasil pengukuran *GPS RTK* sebesar 18.694 bcm atau 51.782 ton/m³. Selisih antara volume stockpile batu andesit dengan alat ukur *Terrestrial Laser Scanner* cukup dengan hasil

perhitungan volume dan *GPS RTK*. hal tersebut dikarenakan hasil point yang didapatkan oleh TLS lebih banyak dan lebih detail jika dibandingkan dengan dan *GPS RTK*.

Jika dilihat dari hasil perhitungan *TLS* dan *GPS RTK* didapat hasil perhitungan *TLS* lebih besar dari *GPS RTK* dikarenakan alat *TLS* memiliki kepadatan titik atau point cloud lebih baik dan lebih banyak dari pada *GPS RTK* dan titik koordinat hasil pengukuran menggunakan alat *GPS RTK* yang tidak rapat yang menghasilkan hasil yang kurang maksimal dari pengukuran menggunakan *TLS*

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan selisih dari hasil pengukuran dan perhitungan menggunakan software surpac didapat *TLS* sebesar 18.766 bcm dan *GPS RTK* sebesar 18.694 bcm dengan selisih 72 bcm atau 0.211%, selisih antara hasil volume *TLS* terhadap alat *GPS RTK* tidak signifikan. Karena persentase memiliki nilai dibawah satu yang terbilang sangat kecil. Dari hasil penelitian ini pengambilan hingga pengolahan data hasil pengukuran dari kedua alat ini bahwa alat survei *Terrestrial Laser Scanner* lebih baik dari *GPS RTK* jika melakukan pengukuran dengan objek yang luas dikarenakan dalam pengukuran *Terrsetrial laser scanner* dengan hanya melakukan 12 kali berdiri alat sudah mendapat point cloud yang banyak dan detail di banding dengan *GPS RTK* yang harus dilakukan dengan manual plotting, dan memakan waktu cukup lama.

DAFTAR REFERENSI

Atmadja, K. G., Wahyono, S. C., & Siregar, S. S. (2020). Identifikasi batuan andesit berdasarkan nilai resistivitas di daerah Satui, Kalimantan Selatan. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 6(3), 173–182.

Badan Informasi Geospasial. (2014). *Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014: Pedoman teknis ketelitian peta dasar* (pp. 1–17). <https://peraturan.bpk.go.id/Details/269446/perka-big-no-15-tahun-2014>

Baskoro, D. P., & Haryanto, J. T. (2021). Penerapan teknologi UAV untuk pemetaan topografi kawasan pertambangan. *Jurnal Geomatika*, 27(2), 105–114. <https://doi.org/10.24895/jg.v27i2.1103>

Bredesen, M. (2019). *Analysis of the positional accuracy of a low-cost dual frequency GNSS-module*. [Unpublished manuscript].

Genechten, M. S. Q., & Van B. (2008). *Theory and practice on terrestrial laser scanning. Learning Tools for Advanced Three-Dimensional Surveying in Risk Awareness Project*, 1–241.

Hadi, S., & Rizani, A. (2023). Perbandingan volume overburden berdasarkan hasil pengukuran metode cut and fill dengan metode truck count. *Jurnal POROS TEKNIK*, 15(1), 1–8. <https://doi.org/10.31961/porosteknik.v15i1.1647>

Harvey, L. (2006). Understanding quality. In *Oakland on Quality Management* (pp. 3–23). <https://doi.org/10.1016/b978-0-7506-5741-9.50004-4>

Model, M. P., Purnomo, H., & Sari, L. P. (2021). Perbandingan perhitungan volume stockwash menggunakan total station dan unmanned aerial vehicle di PT. Jaga Usaha Sandai. *Mining Insight*, 2(2), 147–152.

Muchjidin. (2013). *Pemanfaatan batubara* (Edisi Revisi). Institut Teknologi Bandung.

Setiawan, F. A., & Yulianingsih, T. (2020). Evaluasi akurasi peta tematik hasil survei GNSS RTK. *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 45–53. <https://doi.org/10.14710/jgundip.9.1.45-53>

Suhendi, E., & Ramadhan, F. (2019). Studi komparatif metode pengukuran volume pada area reklamasi tambang. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 15(3), 162–170.

Wibowo, A., & Prasetyo, D. (2022). Analisis ketelitian data survei UAV terhadap pengukuran total station pada tambang terbuka. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 24(1), 39–48.

Yunus, M., & Hakim, L. (2018). Implementasi sistem informasi geografis dalam pemantauan kawasan rawan longsor. *Jurnal Rekayasa Geomatika*, 14(2), 113–121.