



Perbandingan *Volume Run Of Mine* dengan Menggunakan Data Hasil Pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* dan *Unmanned Aerial Vehicle*

Ahmad Sohibul Borhan^{1*}, Fajrin², Dwi Arini³

^{1,2,3} Prodi Teknik Geodesi, Institut Teknologi Padang, Indonesia

Email: 2024510035.ahmadsohibul@itp.ac.id^{1*}

Alamat: Jl. Gajah Mada Jl. Kandis Raya, Kp. Olo, Kec. Nanggalo, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia 25173

^{*}Penulis korespondensi

Abstract. Coal is one of the main energy sources and the largest contributor to national revenue; however, its management faces challenges related to limited availability and accuracy in reserve estimation. An essential aspect of mining management is monitoring the Run of Mine (ROM) volume, which plays a critical role in crushing, washing, and blending processes. This study aims to compare the accuracy of ROM volume measurements using Terrestrial Laser Scanner (TLS) and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) methods in the production area of PT FAD, Berau Regency, East Kalimantan. A quantitative descriptive approach was employed, involving field data acquisition, three-dimensional modeling, and volume analysis using specialized software. The results show that ROM volume measured with TLS was 1,407.669 lcm, while UAV produced 1,387.357 lcm, with a difference of 20.312 lcm or 1.45%. This deviation is within the ASTM D6172-98 tolerance limit (<2%), indicating that both methods are valid. Although TLS offers higher accuracy, UAV is more effective and efficient in terms of measurement time, making it a reliable alternative for modern mining monitoring. This study provides practical insights for the mining industry in selecting ROM volume measurement methods that are not only accurate but also efficient in supporting sustainable operations and data-driven decision-making.

Keywords: Measurement Efficiency; TLS Method; Mine Monitoring; Volume ROM; Wahana UAV

Abstrak. Batubara merupakan salah satu sumber energi utama dan penyumbang devisa negara terbesar, namun pengelolaannya menghadapi tantangan terkait keterbatasan ketersediaan dan ketelitian dalam perhitungan cadangan. Salah satu aspek penting dalam manajemen tambang adalah pemantauan volume Run of Mine (ROM) yang berperan dalam proses crushing, washing, dan blending. Penelitian ini bertujuan membandingkan akurasi hasil pengukuran volume ROM menggunakan metode *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) dan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) pada area operasi produksi PT FAD di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan tahapan akuisisi data lapangan, pengolahan model tiga dimensi, dan analisis volume berbasis perangkat lunak khusus. Hasil penelitian menunjukkan volume ROM yang diukur menggunakan TLS sebesar 1.407,669 lcm, sedangkan UAV menghasilkan 1.387,357 lcm, dengan selisih 20,312 lcm atau 1,45%. Nilai deviasi ini masih berada dalam batas toleransi ASTM D6172-98 (<2%), sehingga kedua metode dapat dikatakan valid. Meskipun TLS memiliki tingkat akurasi tinggi, UAV lebih unggul dari segi efektivitas dan efisiensi waktu pengukuran, sehingga dapat dijadikan alternatif andal dalam kegiatan pemantauan tambang modern. Penelitian ini memberikan kontribusi praktis bagi industri pertambangan dalam memilih metode pengukuran volume ROM yang tidak hanya akurat, tetapi juga efisien dalam mendukung keberlanjutan operasional dan pengambilan keputusan berbasis data.

Kata kunci: Efisiensi pengukuran; Metode TLS; Pemantauan tambang; Volume ROM; Wahana UAV

1. LATAR BELAKANG

Pertambangan batubara merupakan salah satu pemasukan terbesar negara dalam pemanfaatan sumber daya mineral negara. Selain itu batubara juga menjadi sumber energi yang paling efisien saat ini sebagai pembangkit tenaga listrik. Sayangnya Batubara membutuhkan proses yang sangat lama untuk pembentukannya, sehingga dapat dikatakan batubara merupakan sumber energi yang tidak terbarukan. Hal tersebut juga yang membuat alur proses

perizinan penambangan cukup ketat untuk dapat direalisasikan dalam sebuah kawasan (Hermanto, 2019).

Proses penambangan setidaknya perlu melewati tahapan eksplorasi, pengembangan tambang, penggalian batubara serta pengangkutan dan pengolahan. Eksplorasi merupakan tahapan yang dilakukan dengan survey geologi dan pemetaan untuk mendapatkan informasi yang akurat terkait Lokasi dan kualitas dari batubara yang akan ditambang. Pengembangan tambang merupakan tahapan dimana didalamnya mulai focus dengan tahap pembangunan infrastruktur tambang, seperti pembuatan jalan fasilitas pendukung, dan pengembangan support-support lain yang digunakan sebagai penunjang proses pertambangan. Penggalian batubara dilakukan melalui proses pengupasan overburden selanjutnya pengambilan batubara. Setelah batubara telah termuat, maka selanjutnya dilakukan proses pengakutan dan pengolahan menjadi layak pakai sesuai dengan tujuan yang diharapkan (Risal, 2015).

Pada umumnya area pertambangan memiliki *Run Of Mine* (ROM) yang digunakan sebagai tempat penimbunan batu bara yang bersifat sementara. Volume tumpukan batubara memengaruhi proses penghancuran (*crushing*), pencucian (*washing*), dan pencampuran (*blending*). Oleh karena itu, pengukuran volume menjadi kegiatan rutin dalam pemantauan ROM. Umumnya, pengukuran ini dilakukan melalui survei topografi. Beberapa teknik yang sering digunakan meliputi *Total Station*, *Terrestrial Laser Scanner*, dan *Global Navigation Satellite System* (Khomsin et al., 2018). Pemantauan ROM secara rutin merupakan langkah kontrol yang harus dilakukan dalam pengelolaan ROM. Salah satu aspek krusial dalam manajemen ROM adalah pemantauan terhadap volume. Diperlukan ketelitian tinggi dalam menghitung volume batubara agar estimasi nilai ekonomi cadangan dan hasil produksi tetap sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan (I Putu, 2024).

Seiring dengan berjalannya waktu, pengukuran ROM tidak hanya dilakukan dengan metode pengukuran *terrestrial* namun dengan pengukuran foto udara dengan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Dengan melihat keterbatasan waktu kerja dan jumlah personil surveyor, metode pengukuran dengan UAV dianggap lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan pengukuran *terrestrial* baik menggunakan *total station*, *Global Navigation Sateilte System*, bahkan dibandingkan dnegan menggunakan *Terrestrial Laser Scanner* (Salsabila, 2017).

Selain dilihat dari segi efektifitas dan efesiensi waktu pengukuran, akurasi data juga diperlukan untuk memastikan data yang diukur valid dan dapat diterima sebagai data hasil pengukuran aktual lapangan. Penelitian ini dilakukan di PT. FAD yang pada prakteknya dalam pengukuran selalu menggunakan metode *terrestrial* dalam pengukuran *volume* ROM. Penelitian ini akan membandingkan bagaimana hasil volume antara pengukuran dengan metode

Terrestrial Laser Scanner dan *Unmanned Aerial Vehicle* dengan harapan hasil deviasi volume masih dalam batas toleransi menurut *American Society for Testing and Materials* (ASTM) D6172-98.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan teknik pengukuran berbasis *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) dan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) untuk menghitung volume stock Run of Mine (ROM) pada area izin usaha pertambangan operasi produksi PT FAD di Desa Samburakat, Kecamatan Gunung Tabur, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan hasil pengukuran volume dengan TLS dan UAV, sehingga dapat diketahui akurasi serta efektivitas kedua metode dalam pemetaan tambang. Lokasi penelitian dipilih karena representatif terhadap kondisi pertambangan batubara di wilayah tersebut dan sesuai dengan kebutuhan analisis perbandingan metode pengukuran modern di bidang geodesi pertambangan (Putra & Wibowo, 2022).

Pelaksanaan penelitian didukung oleh berbagai peralatan utama, di antaranya Riegl VZ-2000i Laser Scanner, GNSS Leica GS 16, serta DJI Mavic 3, dengan bantuan perangkat lunak Riscan Pro, Agisoft, CloudCompare, dan Surpac untuk pengolahan data. Tahap penelitian meliputi persiapan data melalui studi literatur, akuisisi data lapangan dengan UAV dan TLS, serta pengolahan data menggunakan perangkat lunak khusus untuk menghasilkan model tiga dimensi dan perhitungan volume. Standar teknis yang digunakan mengacu pada ASTM D6172-98, yang menetapkan toleransi deviasi volume maksimal 2%. Hasil pengolahan data selanjutnya disajikan dan dibandingkan untuk melihat konsistensi akurasi antara metode UAV dan TLS (Saputra et al., 2021).

Proses penelitian ini dilaksanakan dalam kurun waktu tiga bulan, mulai Juni hingga Agustus 2025. Selama periode tersebut, kegiatan penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan utama, yaitu persiapan, akuisisi data lapangan, pengolahan data, serta penyusunan laporan akhir. Data koordinat, topografi, dan foto udara diperoleh langsung dari hasil pengukuran lapangan, kemudian diolah secara sistematis untuk memperoleh hasil yang valid. Dengan tahapan yang terstruktur, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan metode pengukuran volume ROM yang lebih efektif, akurat, dan sesuai kebutuhan industri pertambangan modern (Hidayat & Pratama, 2020).

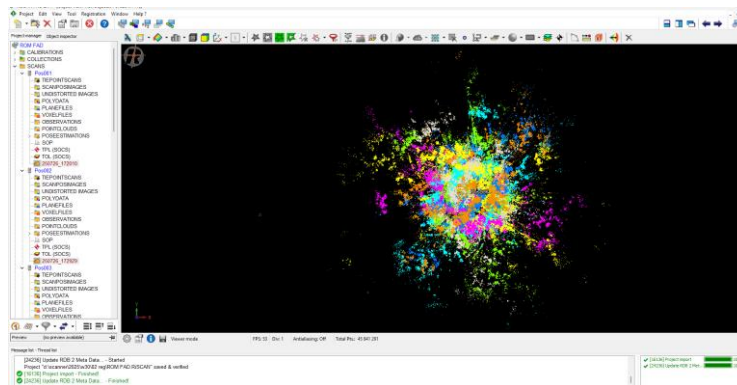
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran ROM dengan TLS

Pengolahan dilakukan dengan dua software yaitu dengan software Riscan Pro dan Surpac. Berikut merupakan hasil dan pembahasan dari pengolahan software Riscan Pro dan Surpac.

Hasil Pengolahan data TLS dengan Riscan Pro

Pengukuran topografi ROM dengan TLS dilakukan pada sabtu, 26 juli 2025. Pengukuran dilakukan pada ROM PT. FAD di Desa Samburakat, Kecamatan Gunung Tabur, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur. Pengukuran dilakukan melalui 7 titik scan pos yang dapat menjangkau seluruh area ROM. Hasil pengukuran dengan TLS adalah data *pointcloud* yang dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. *Pointcloud* hasil pengukuran topografi ROM dengan TLS.
Sumber: Penulis 2025

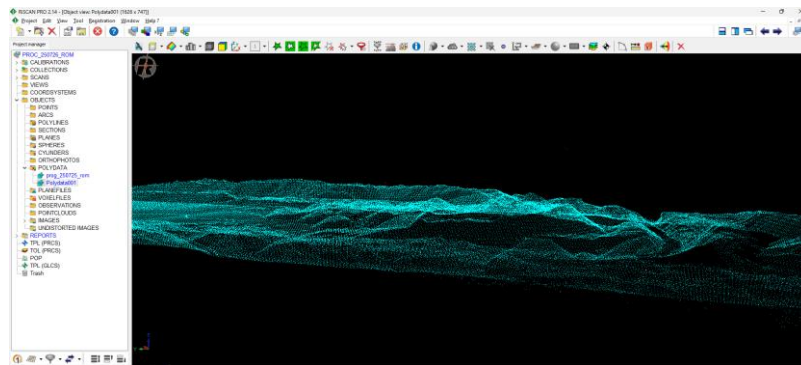
Selanjutnya data *pointcloud* dilakukan registrasi dan *georeferencing* dengan koordinat titik scan pos. Koordinat scan pos dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Koordinat titik scan pos TLS.

NO	Easting(m)	Northing(m)	Elvation(m)	Code
1	564741	252093,5	39,086	Pos001
2	564728,5	252069,1	38,48	Pos002
3	564710,7	252046,9	39,098	Pos003
4	564681,3	252059,9	39,752	Pos004
5	564711,4	252101,5	38,037	Pos005
6	564716,5	252075,6	39,958	Pos006
7	564698,6	252067,7	40,301	Pos007

Sumber: Penulis, 2025

Selanjutnya dilakukan pengujian data dengan multi station adjustment. Hasil uji data menunjukan nilai *error* 3,2 mm. Data yang sudah teruji dapa dilanjutkan dengan proses *cleaning* atau membersihkan objek-objek yang mengganggu. Setelah bersih selanjutnya data dilakukan pengaturan kerapatan *pointcloud* yaitu 1meter. Hasil pengolahan data TLS dengan Riscan Pro dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Hasil pengolahan data TLS dengan Riscan Pro.

Sumber: Penulis, 2025

Data hasil pengolahan Riscan Pro selanjutnya dilakukan *Export* dengan format .dxf agar selanjutnya dapat dilakukan pengolahan pada software Surpac.

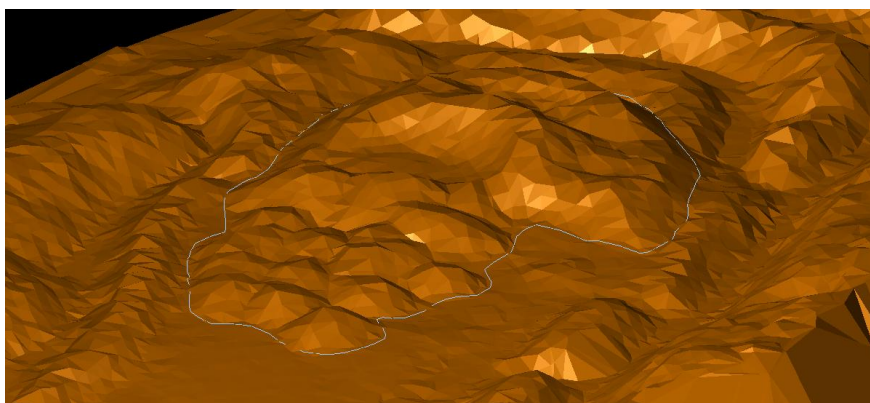
Hasil Pengolahan data TLS dengan Surpac



Gambar 3. Hasil *digital teraim model* pengukuran dengan TLS pada surpac.

Sumber: Penulis, 2025

Untuk membatasi area ROM yang akan dilakukan perhitungan volume, sekaligus digunakan sebagai base volume, dilakukan proses digitasi *boundary base* perhitungan volume. *Boundary base* perhitungan volume dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. *Boundary base* perhitungan volume pengukuran TLS.

Sumber: Penulis, 2025

Total pointcloud yang didapat untuk perhitungan volume ROM hasil pengukuran menggunakan TLS adalah 1191 titik. Elevasi tertinggi dari hasil pengukuran menggunakan

TLS adalah 39,84m, sedangkan elevasi terendahnya adalah 35,222m. luasan area ROM yang dihitung dalam pengukuran menggunakan TLS adalah 1083,195m². Data *digital terrain model* selanjutnya dilakukan perhitungan volume ROM. Hasil perhitungan volume rom dengan menggunakan TLS pada surpac adalah 1407,669 lcm.

Hasil pengukuran ROM dengan UAV

Pengolahan dilakukan dengan tiga software yaitu dengan software Agisoft, Cloudcompare dan Surpac. Berikut merupakan hasil dan pembahasan dari pengolahan software Agisoft, Cloudcompare dan Surpac.

Hasil Pengolahan data UAV dengan Agisoft dan Cloudcompare

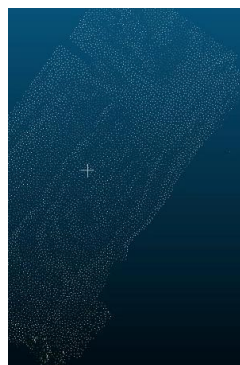
Pengukuran dilakukan bersamaa dengan pengukuran menggunakan TLS yaitu pada sabtu, 26 juli 2025. Pengukuran dilakukan pada ROM PT. FAD di Desa Samburakat, Kecamatan Gunung Tabur, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur. Hasil pengukuran UAV adalah data foto dengan format raster. Selanjutnya data dilakukan registrasi dengan koordinat GCP (*Ground Control Point*). Data koordinat GCP dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Koordinat GCP.

No GCP	Easting(m)	Northing(m)	Elevation(m)
1	564745,1	252099,4	37,227
2	564701,6	252050,5	36,016
3	564695,1	252079,9	36,008
4	564725,8	252124,4	34,701

Sumber: Penulis. 2025

Selanjutnya data dilakukan registrasi dan dilakukan pengujian data hasil pengukuran UAV. Hasil pengujian menunjukan error data adalah 0,062m. Selanjutnya data dilakukan build mask dan dilakukan permodelan 3 dimensi. Data hasil pengolahan agisoft dilakukan *export* menjadi dencecloud. Data denceclode selanjutnya dimasukan kedalam software Cloudcompare dan dilakukan pengaturan kerapatan titik sebesar 1m. Hasil tahap Agisoft dan Cloudecompare dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



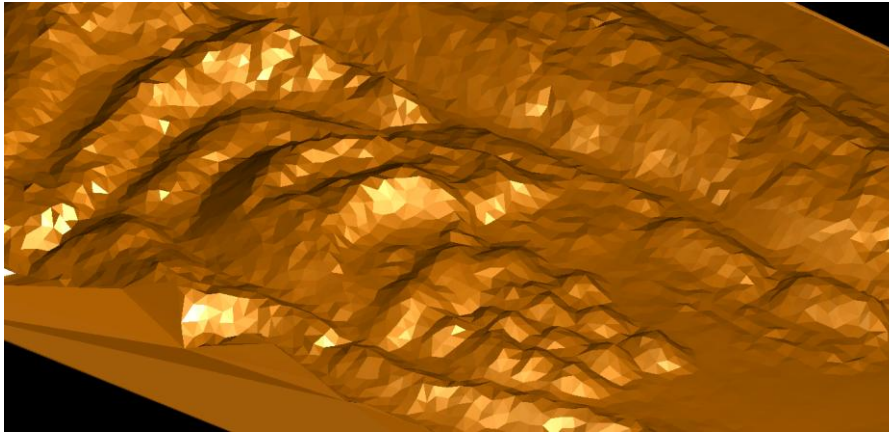
Gambar 5. Hasil pengolahan Cloudcompare.

Sumber: Penulis, 2025

Selanjutnya file dapat di *export* menjadi format .dxf agar dapat dilakukan pengolahan pada software Surpac.

Hasil Pengolahan data UAV dengan Surpac

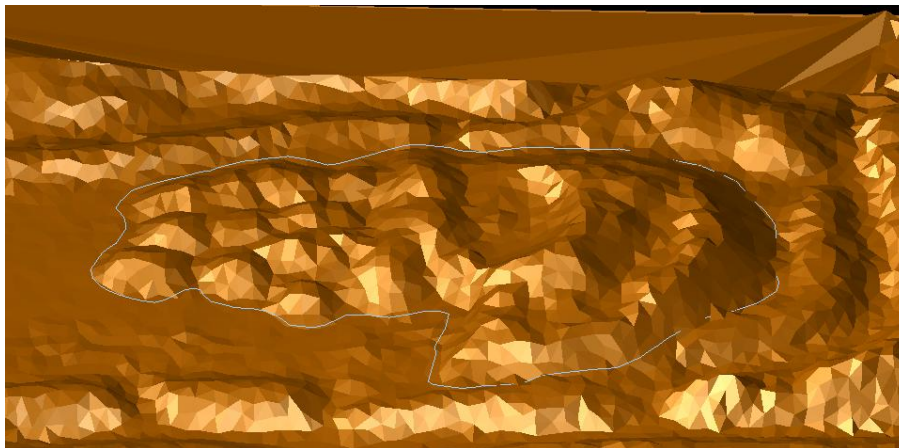
Data hasil pengolahan cloudcompare dengan format .dxf selanjutnya dilakukan *plotting* pada software surpac. Untuk melakukan perhitungan volume, data harus diubah menjadi format *digital terrain model*. Hasil format *digital terrain model* pada surpac dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Hasil *digital terrain model* pengukuran dengan UAV pada surpac.

Sumber: Penulis, 2025

Untuk membatasi area ROM yang akan dilakukan perhitungan volume, sekaligus digunakan sebagai base volume, dilakukan proses digitasi *boundary base* perhitungan volume. *Boundary base* perhitungan volume dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. *Boundary base* perhitungan volume pengukuran UAV.

Sumber: Penulis, 2025

Total pointcloud yang didapat untuk perhitungan volume ROM hasil pengukuran menggunakan UAV adalah 1014 titik. Elevasi tertinggi dari hasil pengukuran menggunakan UAV adalah 40,111m, sedangkan elevasi terendahnya adalah 35,191m. Luasan area ROM yang dihitung dalam pengukuran menggunakan UAV adalah 1083,195m². Data *digital terrain model*

selanjutnya dilakukan perhitungan volume ROM. Hasil perhitungan volume rom dengan menggunakan UAV pada surpac adalah 1387,357 lcm.

Analisa Volume Hasil Pengukuran dengan TLS dan UAV

Data hasil pengukuran dilakukan pengujian untuk kualitas data, sehingga data dapat valid untuk digunakan sebagai data penelitian. Data pengukuran TLS dilakukan proses *multi station adjustment* pada software Riscan Pro untuk dapat mengetahui nilai Error data, sedangkan nilai *error* pada pengukuran UAV dilakukan pada software Agisoft. Hasil uji kualitas data dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hasil uji data dan analisa pengukuran dengan TLS dan UAV.

Alat Pengukuran	Uji Kualitas Data	Total Point cloud	Luas Area Hitung	Volume ROM
TLS	0.0032 m	1191 point	1083.195 m ²	1407.669 lcm
UAV	0.062 m	1014 point	1083.195 m ²	1387.357 lcm

Sumber: Penulis, 2025

Hasil Uji data pengukuran dengan TLS dan UAV memiliki nilai *error* masing-masing 0,0032m dan 0,062m. Dengan demikian, data hasil pengujian dalam kriteria bagus dan dapat digunakan sebagai data penelitian. Data *pointcloud* pengukuran dengan menggunakan TLS adalah 1191 titik, sedangkan UAV adalah 1014 titik. Area objek yang di hitung pada pengukuran dengan menggunakan TLS dan UAV sama, yaitu 1082,195m². Volume perhitungan pengukuran dengan menggunakan TLS adalah 1407,669 lcm, sedangkan volume pengukuran dengan menggunakan UAV adalah 1387,357 lcm.

Setelah diketahui hasil volume pengukuran dengan TLS dan UAV. Data volume dilakukan analisa perbandingan hasil volume pengukuran dengan menggunakan standar dari ASTM. Hasil uji dengan astm dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Hasil uji ASTM pengukuran volume ROM dengan TLS dan UAV.

No	Volume by TLS (lcm)	Volume by UAV (lcm)	Nilai Rata Rata Volume (lcm)	Selisih Volume (lcm)	Persentase Selisih Volume
1	1407,669	1387,357	1397,513	20,312	1,45%

Sumber: Penulis, 2025

Selisis hasil pengukuran volume TLS dan UAV adalah 20,312 lcm dengan persentasi selisih 1,45%. berdasarkan standart dari ASTM menyatakan bahwa selisih volume material dibawah 2% dianggap toleransi dan dapat digunakan sebagai data pengukuran yang valid.

Kelebihan dan Kendala Pengukuran dengan TLS dan UAV

Pada pengukuran menggunakan TLS dan UAV, masing-masing memiliki kelebihan dan kendala yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran. Berikut merupakan kelebihan dari pengukuran dengan TLS dan UAV. Pengukuran dengan TLS mendapatkan hasil yang lebih

akurat. Hasil uji data pengukuran menggunakan TLS menunjukkan bahwa data nilai *error* pengukuran menggunakan TLS lebih sedikit. Pengukuran dengan TLS tidak mendapatkan pengaruh dari pencahayaan. Sehingga pengukuran dapat dilakukan baik di siang atau malam hari. Pengukuran dengan UAV akan lebih menghemat waktu dan tenaga. Selain itu pengukuran dengan UAV juga lebih efisien karena selisih harga tools yang cukup jauh. Namun ketelitian ini dapat berubah-ubah menyesuaikan dengan kondisi dan area luasan yang akan diukur.

Adapun berikut merupakan kendala yang ditemui dalam pengukuran dengan TLS dan UAV. Pengukuran dengan TLS pada area ROM memerlukan waktu dan tenaga yang lebih besar. Selain itu area tertentu hanya dapat dijangkau dari titik tinggi atau pada kondisi yang tidak aman. Pengukuran dengan UAV membutuhkan kondisi cuaca yang bagus agar tidak terdapat bayang-bayang dari awan yang dapat merusak hasil pengukuran. Selain itu pengukuran UAV hanya dapat dilakukan pada siang hari karena hanya mengandalkan dari cahaya matahari.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai perbandingan volume *Run of Mine* (ROM) dengan menggunakan data hasil pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) dan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), maka dapat disimpulkan: Hasil volume yang diperoleh dari pengukuran menggunakan TLS adalah sebesar 1407.669 lcm, sedangkan volume hasil UAV adalah 1387.357 lcm. Selisih volume antara kedua metode adalah sebesar 20.312 lcm, atau secara persentase sebesar 1.45%. Nilai ini masih berada dalam batas toleransi maksimal yang diizinkan menurut standar ASTM D6172-98, yaitu <2%.

DAFTAR REFERENSI

- Abidin, H. Z. (2001). *Geodesi satelit*. Departemen Teknik Geodesi, Institut Teknologi Bandung, Bukit Ligar, Bandung Utara.
- Abidin, H. Z. (2007). *Penentuan posisi dengan GPS dan aplikasinya*. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Adhitiaputra, R. (2013). *Mekanisme kalibrasi terestrial laser scanner*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Asof, M., Triando, A., & Puspita, M. (2023). Analisis mining recovery penambangan batubara akibat pengotor pada seam A2 dan B di PT Bara Alam Utama.
- Bakri, M. (2017). *Penerapan data mining untuk clustering kualitas batu bara dalam proses pembakaran di PLTU Sebalang menggunakan metode K-means*.

- Buznă, E., & Cernea, D. (1991). Atitudine terapeutică în neuropatia optică prin alcool metilic. *Oftalmologia*, 35(1), 39–42.
- Chan, E. C. L., Baci, G., & Mak, S. C. (2009). Using Wi-Fi signal strength to localize in wireless sensor networks. *Proceedings - 2009 WRI International Conference on Communications and Mobile Computing, CMC 2009*, 1, 538–542.
- Estey, L., & Wier, S. (2014). *Teqc tutorial: Basics of Teqc use and Teqc products*. Boulder, Colorado U.S.A.: UNAVCO.
- Fadly Robby, R., Sukmono, A., & Bashit, N. (2020). Pengaruh kelas kelerengan tanah terhadap persentase selisih perhitungan volume data terrestrial laser scanner dan foto udara unmanned aerial vehicle.
- Ghilani, C. D. (2010). *Adjustment computations: Spatial data analysis* (5th ed.). John Wiley & Sons. New Jersey.
- Hermanto, & Sujiman. (2019). Manajemen kegiatan penumpukan batubara pada stockpile di PT. Alamjaya Bara Pratama Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur.
- Kristianie, Y., Usup, H. L. D., & Ferdinandus. (2023). Perhitungan volume timbunan batubara menggunakan unmanned aerial vehicle (UAV) di PT. Mitra Barito Lumbung Energi Site PT. Kalimantan Prima Nusantara (KPN).
- Kuang, S. (1996). *Geodetic network analysis and optimal design: Concept and application*. Ann Harbour Press, Inc, Chelsea, Michigan.
- Maulidin, R. F. (2016). *Studi penentuan volume dengan total station dan terrestrial laser scanner* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Mukhlis, A. (2014). *Pembuatan digital surface model (DSM) dari citra foto unmanned aerial vehicle (UAV) menggunakan software Agisoft*. Skripsi. Tidak diterbitkan.
- Panuntun, Hidayat. (2012). *Penentuan posisi anjungan minyak lepas pantai dengan titik ikat GPS regional dan global*. Tesis. Program Studi Teknik Geomatika Universitas Gajah Mada.
- Parhusip, M., Ernawati, R., & Cahyadi, T. A. (2021). Evaluasi settling pond pada area run of mine (ROM).
- Priyantha, N. B., Chakraborty, A., & Balakrishnan, H. (2000). Cricket location-support system. *Proceedings of the Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, MOBICOM*, 32–43.
- Quintero, M. S., Genechten, B. V., Heine, E., & Garcia, J. L. (2008). Tools for advanced three-dimensional surveying in risk awareness project (3driskmapping). *Leonardo Da Vinci Programme of the European Union*.
- Ramadhan, G., Susanto, R., & Fadilah, R. (2020). Perbandingan hasil pengukuran volume stockpile batubara menggunakan metode fotogrametri UAV dan ETS (electronic total station).
- Risal, M. (2015). Pengaruh tambang galian C terhadap pendapatan perkapita masyarakat Kecamatan Cendana Kabupaten Enrekang.
- Salsabila, R. (2017). *Perbandingan perhitungan volume stockpile batu bara menggunakan data terrestrial laser scanner (TLS) dan data foto udara unmanned aerial vehicle*

(UAV). Skripsi, Program Studi Teknik Geodesi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- Seno Aji, A. R., & Djurdjani. (2022). Analisis perbandingan volume stockpile batu bara hasil UAV fotogrametri dan UAV LiDAR. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering (JGISE)*, 5(2), 132–138.
- Sutarti. (2015). Estimasi lokasi objek berbasis Wi-Fi pada gedung bertingkat menggunakan metode Naïve Bayes. *Jurnal PROSISKO*, 2(2), 51–57.
- Want, R., Hopper, A., Falcão, V., & Gibbons, J. (1992). The active badge location system. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, 10(1), 91–102.
- Wardana, P. S. B. (2015). Studi pengolahan data pengukuran unmanned aerial vehicle (UAV) untuk penentuan volume timbunan. Skripsi. Institut Teknologi Malang.
- Yosafat, Y., Saismana, U., & Hakim, R. N. (2023). Optimasi produktivitas bulldozer pada kegiatan penumpukan batubara di stockpile K3 PT Adaro Indonesia.