

PERBANDINGAN PERHITUNGAN VOLUME *STOCKPILE* HASIL PENGUKURAN *UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV)* DAN *PENGUKURAN ELECTRONIC TOTAL STATION (ETS)* (Studi Kasus: Pt. Indocement Tunggul Prakarsa Tbk. Palimanan, Cirebon)

MUH GUMILANG RAMADHAN¹, SUMARNO², NURUL YUHANAFIA³

1. Institut Teknologi Nasional
 2. Institut Teknologi Nasional
 3. Institut Teknologi Nasional
- Email : muh.gumilang96@gmail.com

ABSTRAK

Batubara merupakan salah satu bahan tambang yang sering dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk pembangkit listrik dan berfungsi sebagai bahan bakar. *Stockpile* merupakan suatu area tumpukan material yang menjadi tempat penyimpanan sementara sebelum dilakukan distribusi. *Stockpile* berfungsi sebagai penyangga antara pengiriman dan proses produksi. Pengukuran dan perhitungan volume *stockpile* perlu dilakukan untuk mengetahui jumlah bahan galian yang sudah ditambang. Pengukuran volume *stockpile* biasa dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Electronic Total Station (ETS)*. Seiring dengan berkembangnya teknologi dan metode dalam bidang pengukuran, perhitungan volume *stockpile* dapat dilakukan dengan metode pengukuran lain seperti pengukuran foto udara menggunakan wahana *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan hasil perhitungan volume *stockpile* dari pengukuran menggunakan wahana UAV yang dibandingkan terhadap hasil pengukuran menggunakan alat ETS. Hasil perhitungan volume *stockpile* pada area yang sama dengan ETS dan UAV menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda. Perbandingan hasil volume memperoleh selisih sebesar 83,71 m³ atau 74,50 Ton. Persentase selisih hasil perhitungan volume pengukuran UAV dibandingkan dengan hasil volume dari pengukuran menggunakan ETS adalah sebesar 0,2%.

Kata kunci: Batubara, Pengukuran dan Perhitungan *Stockpile*, *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*, *Electronic Total Station (ETS)*

ABSTRACT

Coal is an energy source for power generation and serves as a fuel. Stockpile is a pile of material that becomes a temporary storage place before distribution. Stockpile serves as a buffer between shipping and production process. Measurement and calculation of stockpile volume need to be done to find out the amount of excavated material that has been mined. Stockpile volume measurement usually uses Electronic Total Station (ETS) measuring instruments, along with the development of technology and methods in the field of measurement, stockpile volume calculation can be done by other measurement methods such as aerial photo measurement using Unmanned Aerial Vehicle (UAV). The purpose of this study was to analyze the accuracy of stockpile volume calculation results from measurements using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) compared to measurement results using Electronic Total Station (ETS) measuring instruments. The results of stockpile volume calculation in the same area as ETS and UAV showed results that were not much different. The ratio of volume results obtained a difference of 83.71 m³ or 74.50 Ton. The percentage difference in the calculation of UAV measurement volume compared to the volume result of measurement using ETS is 0.2%.

Key words: *Coal, Stockpile Measurement and Calculation, Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Electronic Total Station (ETS)*

1. PENDAHULUAN

Batubara adalah sumber energi untuk pembangkit listrik dan berfungsi sebagai bahan bakar. Batubara terdiri dari campuran zat kimia organik yang mengandung karbon, oksigen, dan hidrogen. Menurut Undang-Undang No 4 Tahun 2009 tentang mineral dan batubara, batubara merupakan endapan senyawa organik karbon yang terbentuk secara alami dari tumbuh-tumbuhan dan bisa terbakar. Pengertian lain batubara adalah batuan sedimen (padat) yang dapat terbakar, berasal dari tumbuhan serta berwarna cokelat sampai hitam karena sejak pengendapannya telah melewati beberapa proses fisika dan kimia yang menjadikan kandungan karbonnya sangat tinggi (Sukandarrumidi, 1995).

Stockpile merupakan suatu tumpukan material yang menjadi tempat penyimpanan sementara termasuk pada penyimpanan batubara sebelum dilakukan distribusi. *Stockpile* berfungsi sebagai penyangga antara pengiriman dan proses produksi (Carpenter, 1999 dalam Permana, 2014). *Stockpile* menunjukkan bahan galian yang sudah ditambang dan diletakkan di suatu lokasi. Lokasi penempatan bahan galian disesuaikan dengan keperluan operasi, misalnya letak *stockpile* yang berdekatan dengan *crusher* untuk memudahkan proses pengecilan ukuran bahan galian, letak *stockpile* yang berdekatan dengan pelabuhan untuk memudahkan pengangkutan dan sebagainya. Pengukuran dan perhitungan volume *stockpile* perlu dilakukan untuk mengetahui jumlah bahan galian yang sudah ditambang. Perhitungan volume *stockpile* juga bertujuan sebagai perbandingan terhadap daya tampung suatu stock area dan pemodelan *stockpile* yang berguna untuk monitoring keadaan visual *stockpile* seperti relief, kemiringan, penyebaran bahan galian, dan sebagainya (Halimi, 2018).

Pengukuran menggunakan alat ukur *Electronic Total Station* (ETS) memiliki kelebihan dan kekurangan. Salah satu kelebihan hasil pengukuran dengan menggunakan alat ukur *Electronic Total Station* (ETS) adalah perhitungan mendekati volume asli dari *stockpile*. Namun hasil tersebut juga sangat bergantung pada bentuk permukaan *stockpile* dan distribusi penyebaran titik pengukuran secara langsung. Bertambahnya titik pengukuran berarti akan menambah waktu dan biaya yang dibutuhkan. Pada kondisi tertentu proses pengambilan titik pengukuran dapat berisiko karena melihat kondisi dan bentuk permukaan *stockpile* yang tidak stabil. Pengambilan data titik pengukuran yang tidak merata menyebabkan bentuk permukaan *stockpile* tidak dapat diwakili dengan baik (Halimi, 2018).

Seiring dengan berkembangnya teknologi dan metode dalam bidang pengukuran, perhitungan volume *stockpile* dapat dilakukan dengan metode pengukuran lain seperti pengukuran foto udara menggunakan wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) merupakan jenis pesawat terbang yang dikendalikan oleh alat sistem kendali jarak jauh lewat gelombang radio. Kontrol pesawat tanpa awak ada dua variasi utama yaitu, variasi pertama dikontrol melalui pengendali jarak jauh menggunakan *remote control* dan variasi kedua adalah pesawat terbang secara mandiri (*autopilot*) berdasarkan program yang telah dibuat sebelum terbang (Saroinsong, 2018).

Perhitungan volume *stockpile* berdasarkan hasil pengukuran foto udara menggunakan wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) merupakan salah satu metode yang dapat diterapkan karena memiliki kelebihan dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur *Electronic Total Station* (ETS). Kelebihan pengukuran foto udara menggunakan wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) untuk perhitungan volume *stockpile* yaitu cakupan area pengukuran dapat lebih luas, waktu pengukuran relatif singkat dibandingkan dengan menggunakan alat ukur *Electronic Total Station* (ETS), dan menghasilkan data pengukuran yang akurat karena dapat merepresentasikan objek secara detail berupa kumpulan titik berkoordinat 3D yang disebut *point cloud*. *Point cloud* yang dihasilkan dapat mencakup seluruh bentuk objek *stockpile* batubara yang tidak beraturan, hal tersebut menghasilkan pengukuran yang lebih teliti (Salsabila, 2017). Wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) mampu terbang dan menjelajah pada ketinggian 100-400 meter, dan mampu menghasilkan luas area pengukuran mencapai 600 Ha dalam satu kali misi terbang, sedangkan pengukuran dengan menggunakan alat ukur *Electronic Total Station* (ETS) diperkirakan dapat menghasilkan pengukuran seluas 10 Ha dalam satu hari. Pengukuran menggunakan wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dapat menyajikan informasi terbaru dengan cepat dan akurat tentang kondisi area pertambangan (Hadiyanto, 2017).

2. METODOLOGI

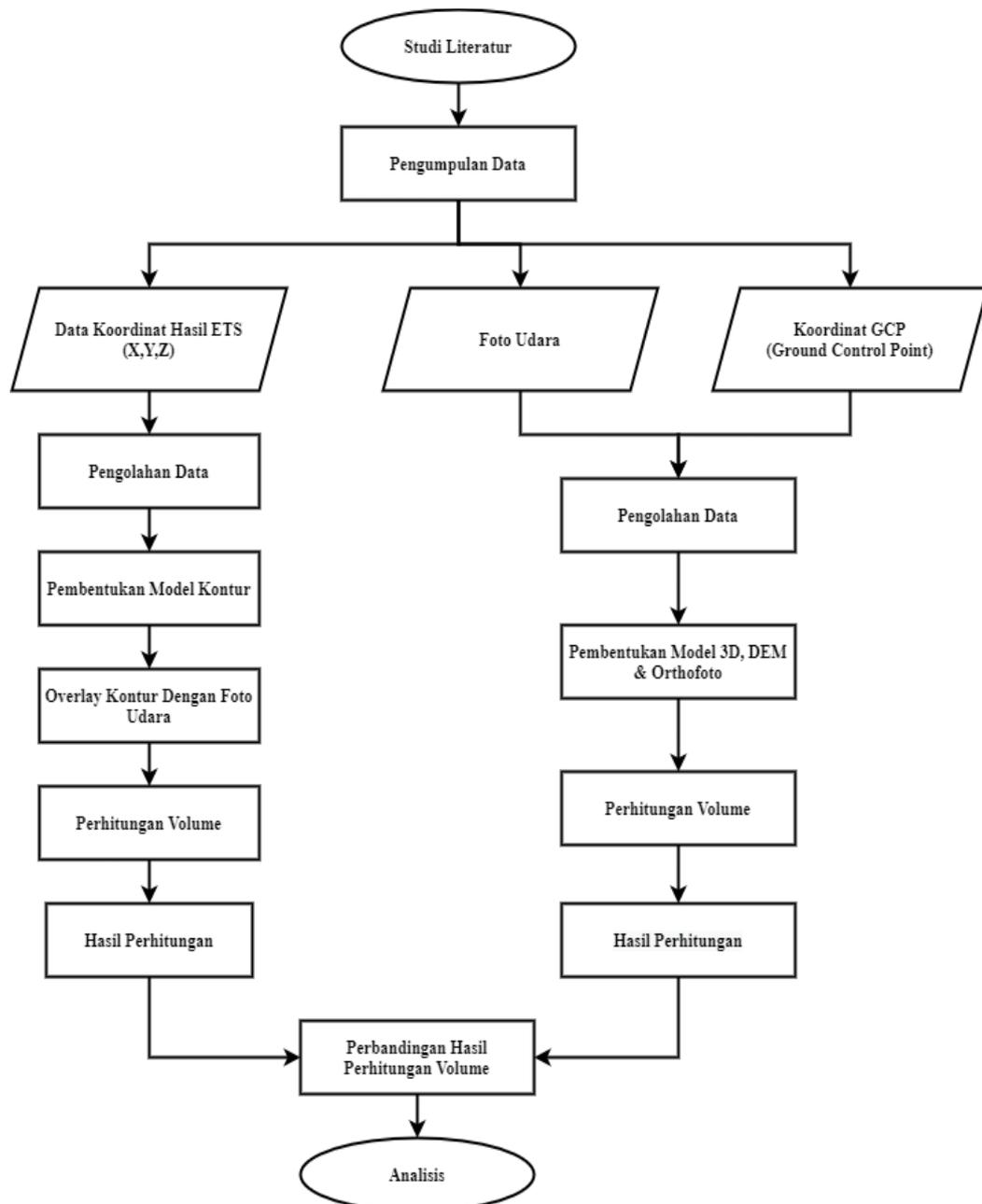
2.1 Wilayah Penelitian

Penelitian ini berlokasi di area *stockpile* batubara kawasan pertambangan PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk. yang terletak di Kecamatan Palimanan, Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat. Secara geografis terletak di antara $06^{\circ}41'58''$ - $06^{\circ}42'24''$ LS dan $108^{\circ}23'58''$ - $108^{\circ}24'24''$ BT. Lokasi penelitian dan batasan area pengukuran dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
(Sumber: Google Earth, 2020)

2.2 Metodologi Penelitian



Gambar 2. Metodologi Penelitian

2.3 Data

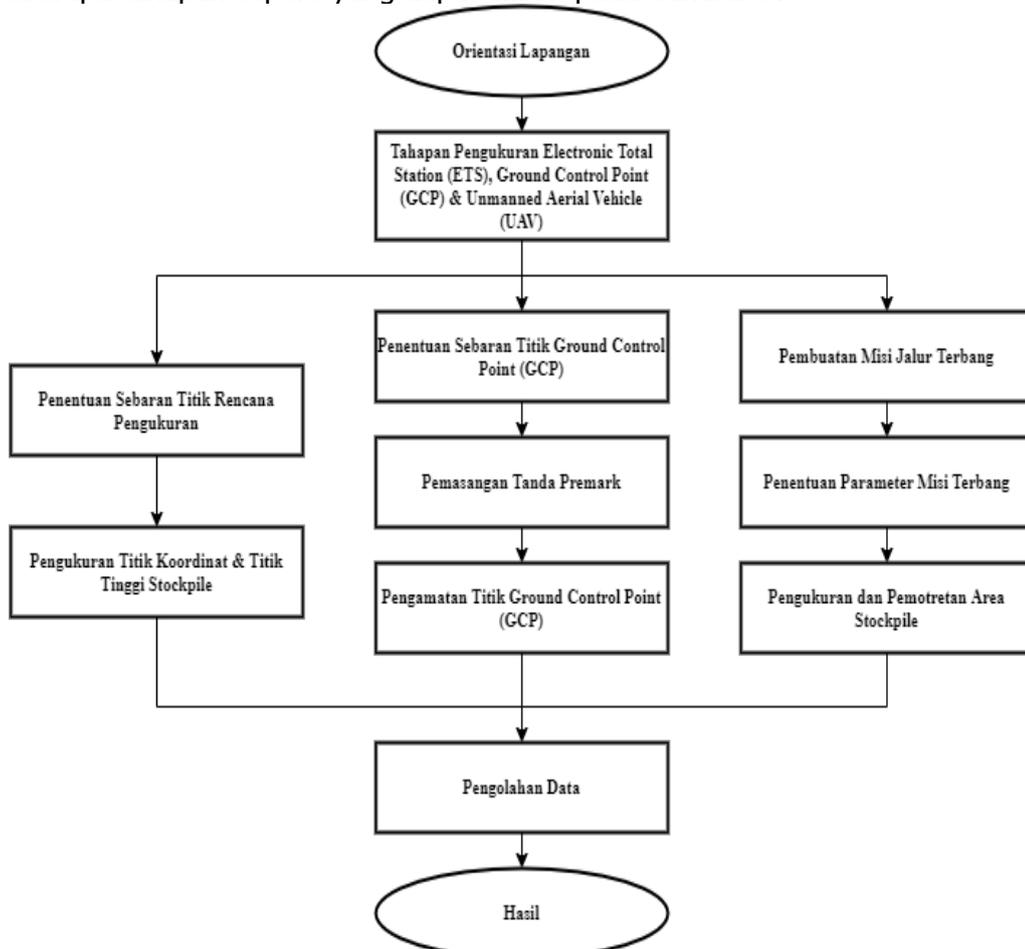
Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Data hasil pengukuran *stockpile* menggunakan wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) berupa foto udara.
2. Data koordinat *Ground Control Point* (GCP) dengan jumlah 4 (Empat) titik yang diukur menggunakan *Global Positioning System* (GPS) Geodetic.

3. Data hasil pengukuran *stockpile* menggunakan alat ukur *Electronic Total Station* (ETS) berupa koordinat.

2.4 Tahapan Pengambilan Data

Metodologi pada tahapan pengambilan data penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan Pengambilan Data

1. Orientasi Lapangan

Tahapan awal sebelum melakukan pengambilan data, terlebih dahulu melakukan orientasi lapangan untuk mengetahui kondisi medan serta batasan area pengukuran di lokasi penelitian. Berikut ini yang perlu diperhatikan pada saat melakukan orientasi lapangan.

- a. Area dan objek yang akan dilakukan pengukuran harus terbuka dan terbebas dari halangan seperti kerimbunan pohon, bangunan yang tinggi, tower sutet, tiang listrik dan lain sebagainya. Hindari objek-objek yang dapat menghalangi dan mengganggu wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) pada saat terbang dan melakukan pemotretan.
- b. Pengukuran dan pemotretan menggunakan wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) harus memperhatikan sinyal selular pada *remote control* karena pada *software* misi terbang memerlukan koneksi jaringan internet supaya misi terbang dapat dilakukan. Jika di lokasi penelitian

- sinyal seluler tidak stabil, perlu dilakukan misi terbang secara mandiri dengan menggunakan *software* berbasis *offline*.
2. Pengukuran *Ground Control Point* (GCP)
 - a. Pengukuran titik *Ground Control Point* (GCP) harus membuat rencana penempatan titik pengukuran. Pembuatan rencana penempatan titik pengukuran harus memperhatikan beberapa aspek. Berikut ini yang perlu diperhatikan saat pembuatan perencanaan penempatan titik pengukuran *Ground Control Point* (GCP).
 - b. Penempatan titik *Ground Control Point* (GCP) harus berada dalam cakupan area misi terbang (*Flight Mission*), area yang terbuka, dan tanpa gangguan.
 - c. Titik *Ground Control Point* (GCP) harus terlihat jelas pada saat pengukuran dan pemotretan.
 3. Pengukuran Wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV)

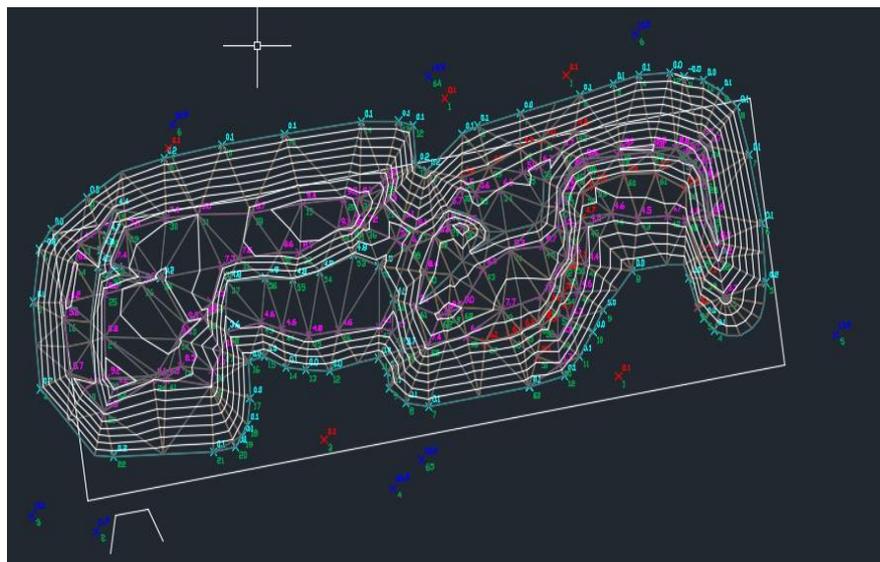
Pengukuran dan pemotretan menggunakan wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) harus membuat perencanaan pengukuran dan pemotretan. Berikut ini tahapan perencanaan pengukuran dan pemotretan menggunakan wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) antara lain.

 - a. Penentuan metode misi terbang yang akan digunakan dalam pengukuran dan pemotretan. Metode misi terbang ada berbagai macam, antara lain metode *grid mission*, *double grid*, dan *circular mission*.
 - b. Penentuan parameter misi terbang seperti tinggi terbang, kecepatan pesawat, *angle kamera*, *overlap* dan *sidelap*.

3. HASIL

3.1 Hasil Pengukuran ETS Leica TCRP1203 R300

Pengolahan data hasil pengukuran menggunakan alat ukur *Electronic Total Station* (ETS) menghasilkan data kontur dan *overlay* kontur *orthofoto*. Berikut ini gambar hasil pengolahan data dan tabel hasil perhitungan volume *stockpile* menggunakan alat ukur *Electronic Total Station* (ETS).



Gambar 4. Kontur *stockpile*



Gambar 5. *Overlay data ETS dan UAV*

Tabel 1. Hasil perhitungan pengukuran *Electronic Total Station (ETS)*

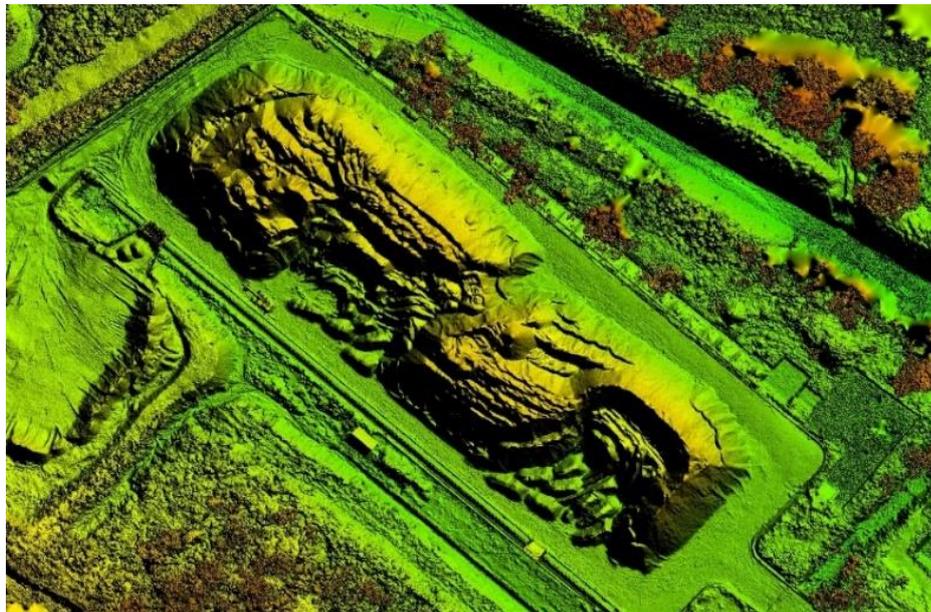
No	Volume (m ³)	Luas Area (m ²)
1	37780,42	7586,03

3.2 Hasil Pengukuran UAV drone Dji 2 Mavic Pro

Pengolahan data hasil pengukuran wahana *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* menghasilkan data berupa model 3D, model *Digital Elevation Model (DEM)* dan *Orthofoto*. Berikut ini gambar hasil pengolahan data dan tabel hasil perhitungan volume *stockpile* pengukuran wahana *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*.



Gambar 6. *Orthofoto stockpile*



Gambar 7. *Digital Elevation Model (DEM) stockpile*

Tabel 2. Hasil perhitungan pengukuran *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*

No	Volume (m ³)	Luas Area (m ²)
1	37864,13	8599,20

3.3 Analisis Hasil Perhitungan Volume *Stockpile* Pengukuran UAV dan ETS

Analisis dilakukan untuk mengetahui jumlah selisih dari hasil perhitungan volume *stockpile* antara pengukuran wahana *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* dan alat ukur *Electronic Total Station (ETS)*. Analisis juga perlu dilakukan untuk mengetahui metode pengukuran mana yang paling tepat untuk pengukuran volume *stockpile*. Berikut ini rumus perhitungan selisih yang dapat dilihat pada persamaan (3.1) dan (3.2) dan hasil perhitungan selisih volume *stockpile* dapat dilihat pada Tabel 3.

$$\text{Presentase perbedaan (\%)} = \frac{(\text{Hasil UAV} - \text{Hasil ETS})}{\text{Hasil ETS}} \times 100\% \quad (3.1)$$

$$\text{Presentase perbedaan (\%)} = \frac{(37864,13 - 37780,42)}{37780,42} \times 100\% = 0,2\% \quad (3.2)$$

Tabel 3. Hasil perhitungan volume *stockpile* pengukuran UAV dan ETS

No	Pengukuran	m ³	Ton
1	<i>Unmanned Aerial Vehicle (UAV)</i>	37864,13	33699,07
2	<i>Electronic Total Station (ETS)</i>	37780,42	33624,57

Berdasarkan Tabel 3. dapat dilihat hasil perhitungan volume *stockpile* pengukuran *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* dan *Electronic Total Station (ETS)* terdapat selisih hasil sebesar 83,71 m³ atau jika dikonversikan hasil perhitungan volume ke berat massa jenis batubara maka selisih hasil sebesar 74,50 Ton dengan nilai density batubara 1m³ = 0,89 Ton. Perhitungan volume dari pengukuran *Unmanned Aerial*

Vehicle (UAV) memiliki hasil perhitungan volume lebih banyak dibandingkan jumlah hasil perhitungan volume dari pengukuran *Electronic Total Station* (ETS) dengan selisih hasil perhitungan volume pengukuran *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) terhadap hasil pengukuran *Electronic Total Station* (ETS) adalah sebesar 0,2%. Selisih terjadi dikarenakan batas *boundary stokpile* yang tidak presisi atau tepat bertampalan, sehingga menghasilkan volume yang tidak sama persis.

3.4 Tingkat Efisiensi Pengukuran *Electronic Total Station* (ETS) dan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV)

Pengukuran volume *stockpile* menggunakan *Electronic Total Station* (ETS) dan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Tingkat efisiensi pengukuran dapat dijadikan referensi untuk memilih metode pengukuran volume *stockpile* yang tepat. Berikut ini perbandingan efisiensi pengukuran volume *stockpile* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Tingkat efisiensi pengukuran ETS dan UAV

No	Pengukuran ETS	Keterangan	Pengukuran UAV	Keterangan
1	Sumber Daya Manusia	3 Orang	Sumber Daya Manusia	1 Orang
2	Pengambilan Data	3 Jam	Pengambilan Data	30 Menit
3	Pengolahan Data	3 Jam	Pengolahan Data	4 Jam
4	Hasil	37780,42 m ³	Hasil	37864,13 m ³

4. KESIMPULAN

1. Hasil perhitungan volume *stockpile* dari pengukuran menggunakan alat ukur *Electronic Total Station* (ETS) berjumlah 37780,42 m³.
2. Hasil perhitungan volume *stockpile* dari pengukuran wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) berjumlah 37864,13 m³.
3. Selisih hasil perhitungan volume *stockpile* dari ETS dan UAV adalah sebesar 83,71 m³ atau jika dikonversikan hasil perhitungan volume ke berat massa jenis batubara maka selisih hasil sebesar 74,50 Ton dengan nilai density batubara 1m³ = 0,89 Ton. Persentase selisih hasil tersebut dibandingkan dengan volume *stockpile* dengan ETS adalah sebesar 0,2%. Hal tersebut dikarenakan perbedaan penentuan titik batas pengukuran dan perhitungan area *stockpile* pada setiap pengukuran yang berbeda, selain itu juga dikarenakan nilai ketinggian yang dihasilkan dari setiap metode pengukuran yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Hadiyanto, S. Anton. (2017). *Pemetaan dan Pengawasan Wilayah Pertambangan Menggunakan Drone*. Laporan Implementasi Proyek Perubahan, Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Riau, Riau.
- Halimi, Khairul. (2018). *Pemodelan dan Perhitungan Volume Stockpile dengan Wahana UAV (Unmanned Aerial Vehicle) pada Wilayah PT. LHOONG SETIA MINING*. Skripsi, Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Kebumihan Universitas Syiah Kuala, Aceh.
- Salsabila, Rachmadhiya. (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.
- Saroinsong, S. Hardy. (2018). *Rencana Bangun Wahana Pesawat Tanpa Awak (Fixed Wing) Berbasis Ardupilot*. Skripsi, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Snavely, N. (2010). *Scene Reconstruction and Visualization from Internet Photo Collections*. In Proceedings of the IEEE. Vol. 98 (8), 1370-1390.