

## Pengukuran Volume Overburden Menggunakan UAV di Pit 3HWE

PT Indominco Mandiri

*(Measuring Overburden Volume Using UAV at Pit 3HWE PT Indominco Mandiri)*

Aprianto Aris Sendana<sup>1</sup>, Henny Magdalena<sup>1\*</sup>, Shalaho Dina Devy<sup>1</sup>, Tommy Trides<sup>1</sup>, Lucia Litha Respati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

Korespondensi E-mail: [henny\\_magdalena@ft.unmul.ac.id](mailto:henny_magdalena@ft.unmul.ac.id)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur volume *overburden* di Pit 3HWE, PT. Indominco Mandiri menggunakan teknologi *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*. Metode pengukuran volume menggunakan *UAV* memberikan alternatif yang lebih efisien dan akurat dibandingkan metode konvensional. Dalam penelitian ini, data foto udara diambil menggunakan *UAV* dan diproses dengan perangkat lunak fotogrametri untuk menghasilkan model permukaan digital (DSM) dan peta 3D. Hasil perhitungan volume *overburden* dianalisis dan dibandingkan dengan data pengukuran manual sebagai acuan. Dari hasil penelitian, ditemukan bahwa penggunaan *UAV* mampu memberikan hasil yang akurat dengan efisiensi waktu yang lebih tinggi, menjadikannya metode yang layak untuk diterapkan dalam operasi pertambangan. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran, seperti kondisi cuaca dan resolusi gambar, juga dianalisis dalam penelitian ini.

**Kata kunci:** *UAV*, volume *overburden*, fotogrametri

### Abstract

*This study aims to measure the overburden volume at Pit 3HWE, PT. Indominco Mandiri using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) technology. The use of UAV for volume measurement offers a more efficient and accurate alternative compared to conventional methods. In this research, aerial images were captured using a UAV and processed with photogrammetry software to generate a digital surface model (DSM) and 3D maps. The overburden volume calculations were analyzed and compared with manual measurement data as a reference. The results indicate that UAV usage provides accurate results with higher time efficiency, making it a viable method for mining operations. Factors affecting the measurement results, such as weather conditions and image resolution, were also analyzed in this study.*

**Keywords:** *UAV*, *overburden volume*, *photogrammetry*

### 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* pada beberapa dekade terakhir telah membuka peluang baru bagi industri pertambangan khususnya bidang survei pemetaan. Penggunaan *Unmanned Aerial Vehicle* selanjutnya disingkat menjadi *UAV* berkembang pesat dalam mendampingi *Global Positioning System Real Time Kinematic (GPS RTK)* (Sunu et al., 2019).

*UAV* atau dikenal juga dengan nama Pesawat Udara Nir Awak (PUNA) merupakan pesawat udara yang dapat beroperasi tanpa adanya awak pesawat. *UAV* beroperasi dengan adanya operator pengendali pesawat yang berada di luar pesawat, sementara pesawat beroperasi secara otomatis sesuai komando dari operator pengendali (Auningsih et al., 2021).

*UAV* dikenal juga sebagai drone, menawarkan keunggulan dalam hal mobilitas fleksibilitas dan dapat menjangkau area pemetaan yang lebih luas dan mampu menyediakan data yang lebih cepat dan efisien

dibandingkan metode konvensional. *UAV* dapat dilengkapi dengan kamera dan sensor yang memungkinkan pengambilan data citra dan pengukuran topografi dalam waktu singkat, sehingga terjadi efisiensi waktu (Setiawan, 2016). Namun teknologi *UAV* harus tetap memperhatikan aspek ketelitian (Rachma et al., 2018).

Pengumpulan data melalui pemetaan udara dengan teknologi *UAV* kemudian diproses untuk menghasilkan model permukaan digital (*Digital Surface Model/DSM*) dan peta tiga dimensi (3D) (Rahmadany et al., 2022).

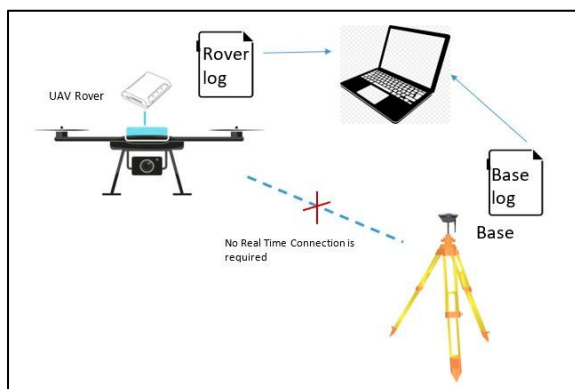
Fotogrametri atau *aerial surveying* adalah teknik pemetaan melalui foto udara, hasil pemetaan secara fotogrametrik berupa peta foto dan tidak dapat langsung dijadikan dasar atau lampiran penerbitan peta (Prayogo et al., 2020). Fotogrametri adalah suatu seni, pengetahuan dan teknologi untuk memperoleh data dan informasi tentang suatu obyek serta keadaan di sekitarnya melalui suatu proses pencatatan,

pengukuran dan interpretasi bayangan fotografis (hasil pemotretan) (Wolf et al., 1993).

Misi penerbangan merupakan suatu pekerjaan terpenting dalam proyek fotogrametri secara menyeluruh. Keberhasilan proyek fotogrametri dipengaruhi oleh foto yang kualitasnya baik dari pada oleh aspek lain, maka perencanaan pemotretan merupakan pertimbangan utama. Karena pemotretan harus memuaskan bagi tujuan tertentu, maka misi pemotretan harus direncanakan dengan cermat dan dilakukan secara seksama pula sesuai dengan perencanaan penerbangan (Wolf et al., 1993).

*Post Processing Kinematic (PPK)* merupakan metode yang digunakan dalam pemetaan menggunakan data GNSS (Abidin, 2021). Pada pemetaan drone, PPK digunakan untuk menentukan posisi dan jalur terbang untuk menghasilkan orthomosaik, model elevasi digital (*DEM*), dan dalam pengukuran volume. Metode *PPK* digunakan untuk meningkatkan akurasi data GPS yang dikumpulkan selama penerbangan. Namun koreksi geometri dengan metode *PPK* masih membutuhkan *GCP* yang lebih sedikit dibandingkan koreksi geometri tanpa *PPK* (Wijayanti et al., 2023).

Titik kontrol tanah adalah penandaan tempat yang terkoordinasi dalam bentuk beberapa titik yang diperlukan untuk mengoreksi data dan meningkatkan citra umum, yang disebut proses koreksi *GCP*, terdiri dari sepasang *X* dan koordinat *Y* yang terdiri dari koordinat asal dan referensi koordinat. Keakuratan *GCP* sangat bergantung pada jenis GPS yang digunakan dan jumlah sampel *GCP* di lokasi dan waktu pengambilan (Widodo et al., 2023).



Gambar 1 Titik kontrol tanah

Ketelitian geometri peta adalah nilai yang menggambarkan ketidakpastian koordinat posisi atau obyek pada peta dibandingkan dengan koordinat posisi obyek yang dianggap sebenarnya (BIG, 2014).

Uji ketelitian posisi *GCP* 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 obyek 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 obyek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar dari nilai jarak tersebut (BIG, 2014).

$$CE90 = 1,5175 \times RMSE_r \dots\dots\dots 1$$

$$LE90 = 1,6499 \times RMSE_z \dots\dots\dots 2$$

Pengukuran akurasi menggunakan *root mean square error* selanjutnya disebut *RMSE* atau *circular error*. Pada pemetaan dua dimensi yang perlu diperhitungkan adalah koordinat (*X*, *Y*) titik uji dan posisi sebenarnya di lapangan. Analisa akurasi posisi menggunakan *RMSE* digunakan untuk menggambarkan akurasi meliputi kesalahan random dan sistematik. Nilai *RMSE* dirumuskan (BIG, 2014):

$$RMSE_{xy} = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2} \dots\dots\dots$$

*Digital Elevation Model (DEM)* adalah model digital yang memberikan informasi bentuk permukaan (topografi) dalam bentuk data raster, vektor atau bentuk data lainnya. *DEM* terdiri dari 2 informasi, yaitu: data ketinggian dan data posisi koordinat dari ketinggian tersebut di permukaan bumi. Menurut (Hasim & Basyid, 2021) istilah *DEM* sering dikaitkan dengan beberapa istilah yaitu: *Digital Terrain Model (DTM)* dan *Digital Surface Model (DSM)*. Nilai *error* ketinggian *DTM* tidak boleh lebih besar dari ketelitian yang disyaratkan untuk skala tersebut. Peraturan BIG No 15 Tahun 2014 sebagai acuan ketelitian *DTM*.

Maulidin et al. (2016) menggunakan metode *cut and fill* untuk menghitung volume dari *point cloud UAV*. Akuisisi data dengan menggunakan *UAV* menghasilkan data berupa *point cloud*. Data *point cloud* terlebih dahulu dibentuk menjadi *DTM* agar obyek dapat dihitung volumenya.

Perhitungan volume metode *cut and fill* pada dasarnya menentukan besar volume galian dan timbunan. Volume dihitung dari *DTM* yang dibentuk dari *Triangulated Irregular Network (TIN)*. *TIN* inilah yang akan membentuk suatu geometri prisma dari dua *surface* yaitu *design surface* dan *base surface*. *Design surface* merupakan *surface* yang akan dihitung volumenya sedangkan *base surface* merupakan *surface* yang dijadikan sebagai alas (Zuhirmanto et al., 2018).

Perhitungan volume dengan metode *cut and fill* dilakukan dengan menghitung luasan penampang atas dan penampang bawah serta jarak antara kedua penampang tersebut

Volume dihitung dari *DTM* yang dibentuk dari *TIN* (Immanuel et al., 2017).

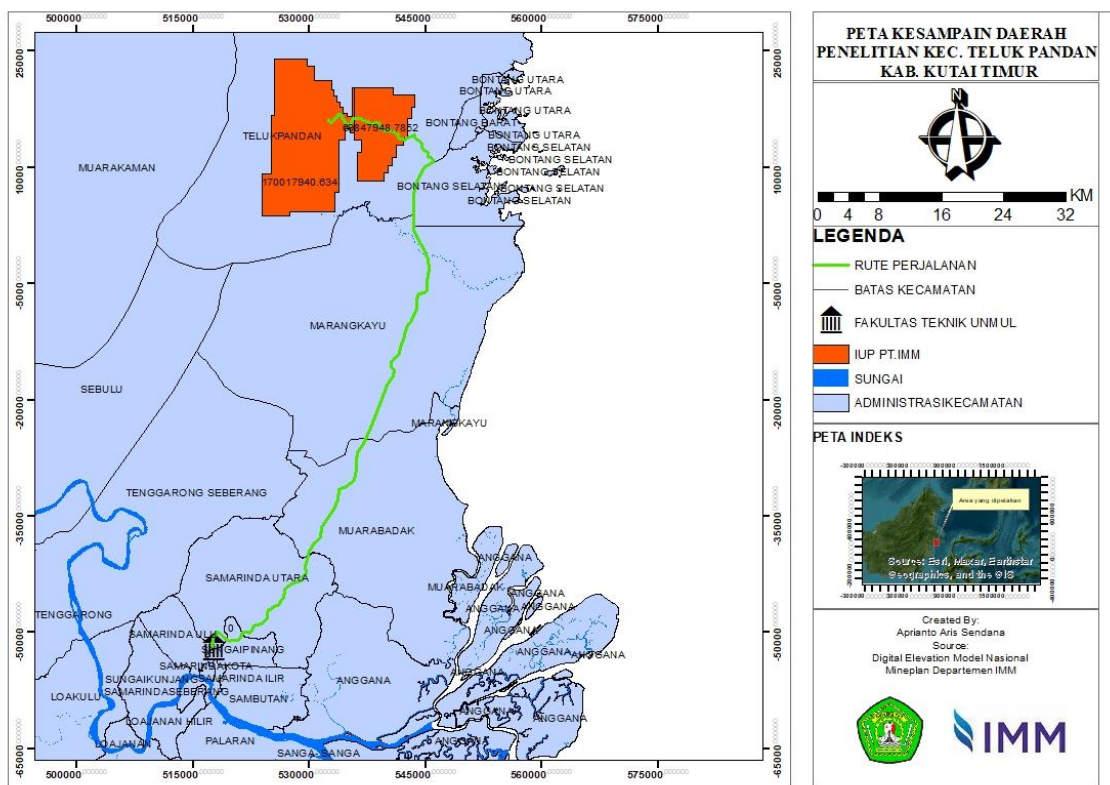
Penelitian ini bertujuan untuk mengukur volume *overburden* di Pit 3HWE, PT Indominco Mandiri menggunakan teknologi *UAV*.

## 2. Metode

Penelitian dilakukan di area konsesi Perjanjian Karya Pengusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B) PT Indominco Mandiri yang selanjutnya disebut PT IMM. Kegiatan penambangan batubara PT IMM dengan sistem tambang terbuka dengan menggunakan kombinasi peralatan mekanis yaitu kombinasi

antara *excavator (back hoe/shovel)* sebagai alat gali-muat dan *dump truck* sebagai alat angkut dan *Highwall Mining (Auger)*. Lokasi pengambilan data terletak di pit 3HWE.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif, yang berfokus pada pengumpulan dan analisis data dalam bentuk angka untuk menguji hipotesis yang telah ditentukan. Metode ini digunakan untuk mendapatkan hasil yang obyektif dan dapat diukur secara statistik. Pendekatan kuantitatif diterapkan melalui pengukuran volume *overburden* menggunakan teknologi *UAV* di Pit 3HWE, PT IMM.



Gambar 2 Lokasi penelitian

## 3. Hasil Dan Pembahasan.

### Titik Kontrol Tanah

Dalam penelitian ini, digunakan lima *Ground Control Points (GCP)* sebagai acuan dalam proses pengolahan data hasil akuisisi *UAV* di Pit 3HWE, PT IMM. Penentuan dan penempatan *GCP* ini dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan akurasi dalam georeferensi citra udara yang dihasilkan oleh *UAV*. Jumlah *GCP* berbanding lurus dengan ketelitian geometri peta ortofoto yang dihasilkan oleh *UAV*. Sebaran dan distribusi *GCP* secara merata juga berpengaruh pada peta ortofoto yang dihasilkan (Susilo et al., 2023).

Penggunaan lima *GCP* bertujuan untuk meminimalkan kesalahan posisi (*positional error*) yang mungkin terjadi selama proses akuisisi

data udara. *GCP* berfungsi sebagai titik referensi yang diketahui koordinat pastinya, sehingga setiap titik pada citra yang diambil *UAV* dapat disesuaikan dengan lokasi sebenarnya di lapangan. Dalam seperti Pix4D, *GCP* membantu meningkatkan keakuratan model 3D yang dihasilkan, terutama dalam konteks pengukuran volume *overburden*.

Berdasarkan tabel 1 diperoleh 5 *GCP* dengan elevasi terendah pada *GCP* 004 dan elevasi tertinggi pada *GCP* 002. Koordinat ini menunjukkan titik-titik kontrol yang digunakan dalam *survey UAV* untuk memastikan ketepatan dan kalibrasi pengukuran. Titik-titik *GCP* ini tersebar di area *survey* dan diukur dalam koordinat X (timur), Y (utara), dan Z (elevasi).

Tabel 1 Koordinat GCP

Label GCP	X (meter)	Y (meter)	Z (meter)
GCP 001	530.054,618	12.532,916	66,509
GCP 002	530.230,930	12.237,225	77,287
GCP 003	529.703,656	12.031,468	55,477
GCP 004	529.554,850	12.172,570	53,868
GCP 005	529.644,219	12.704,058	59,745



Gambar 3. Sebaran GCP

Tabel 2 Nilai uji ketelitian koordinat GCP

GCP	X Error (meter)	Y Error (meter)	Z Error (meter)
01	0,044	0,020	-0,020
02	-0,019	0,015	-0,010
03	-0,012	-0,001	-0,001
04	-0,007	-0,011	-0,000
05	0,006	-0,017	-0,003
RMSE	0,022	0,014	0,010
<b>RMSEr</b>	<b>0,026</b>	<b>RMSEz</b>	<b>0,010</b>
<b>CE90</b>	<b>0,040</b>	<b>LE90</b>	<b>0,016</b>

Berdasarkan perhitungan pada tabel 2 di atas, nilai *RMSE* dengan hasil *RMSEr* 0,026 meter dan *RMSEz*: 0,010 meter. Nilai ini menunjukkan bahwa kesalahan koordinat untuk masing-masing sumbu (X, Y, Z) relatif kecil. Hasil ini menunjukkan ketelitian yang cukup baik untuk *survey UAV* dengan GCP.

#### Data Hasil Unmanned Aerial Vehicle

Pengambilan foto udara pada penelitian ini dilakukan sebanyak 2 kali yaitu pada tanggal 17 Juli, dan 8 Agustus 2024. Menggunakan *UAV Arace Griffing Pro*, dan data *rinex base* yang diambil menggunakan *GPS Trimble 5700* dengan metode statik. Pengambilan data dilakukan pada area Pit 3HWE yang berada pada area PT IMM, Kota Bontang.

Pengolahan data foto udara *UAV* menggunakan beberapa aplikasi terlebih dahulu di antaranya *Emilid Studio*, *PIX4D Mapper* dan *Maptek point studio*, kemudian hasil akhirnya adalah data *point cloud* dan ortofoto. Setelah data *point cloud* diperoleh, maka digunakan terlebih dahulu aplikasi *global mapper* untuk melakukan filter secara manual data yang akan diproses guna untuk mengurangi luasan area yang volumenya akan dihitung, agar lebih memudahkan untuk diolah menggunakan *software minescape 2023*.

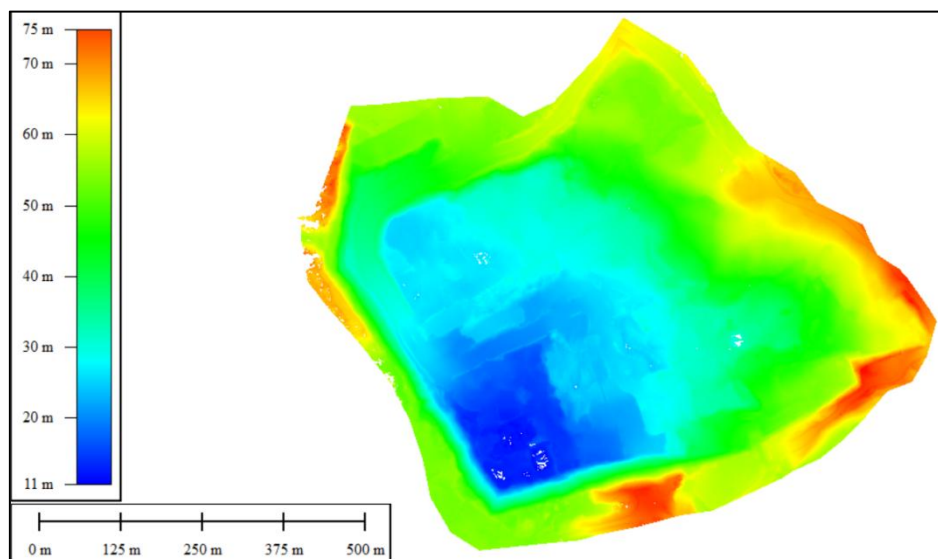
Data yang diperoleh sudah langsung mendapat koordinat, karena *UAV Arace Griffing Pro* terdapat antena yang dapat menerima sinyal GPS dan sudah terintegrasi dengan foto udara yang diambil.

Tabel 3 Contoh koordinat *point cloud UAV* tanggal 14 Juli 2024

No	X (meter)	Y (meter)	Z (meter)
1	529.674,500	11.991,000	54,136
2	529.675,000	11.991,000	54,066
3	529.675,500	11.991,000	54,090
4	529.676,000	11.991,000	54,072
5	529.676,500	11.991,000	54,082
6	529.677,000	11.991,000	54,097
7	529.677,500	11.991,000	54,079
8	529.678,000	11.991,000	54,049
9	529.678,500	11.991,000	54,049
10	529.679,000	11.991,000	54,035

Gambar 4 merupakan *point cloud* hasil pengukuran UAV pada tanggal 14 Juli 2024. Berdasarkan gambar 4, elevasi terendah yang

diperoleh adalah 11 m dan yang tertinggi adalah 75 m, sedangkan panjang *area point cloud* adalah 500 m.



Gambar 4 *Point cloud UAV*

### Perhitungan Volume

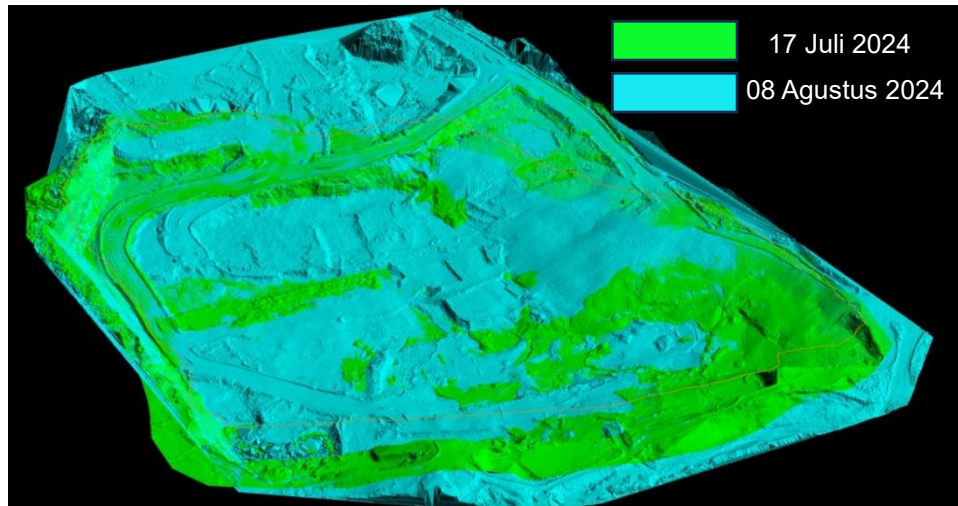
Penghitungan volume *overburden* yang dikupas di area penambangan, dilakukan dengan membandingkan model permukaan sebelum dan setelah proses pengupasan. Volume pengupasan *overburden* dihitung berdasarkan akumulasi data yang mencakup

volume material yang telah terkikis (*cut*) dan volume material yang terisi kembali (*fill*).

Tabel 4 merupakan hasil perhitungan yang diperoleh dari perhitungan progres pertama data UAV menggunakan software *minescape 2023* adalah hasil volume *cut* sebesar 740.243,57 m<sup>3</sup> dan volume *fill* sebesar 31.565,18 m<sup>3</sup>

Tabel 4 Volume overbuden hasil pengukuran UAV

Cut / Fill	Total Volume (m <sup>3</sup> )	Plan Area (Ha)
<i>Cut</i>	740.243,57	25,892
<i>Fill</i>	31.565,18	9,414



Gambar 5 *Surface* perhitungan volume UAV

Tabel 5 Hasil pehitungan volume OB

Parameter	Jumlah
Volume <i>Cut</i> (BCM)	740.243,57
Volume <i>Fill</i> (BCM)	31.565,18
Volume Aktual Batubara (TON)	35.667,00
Volume <i>Cut-Fill</i> (BCM)	708.678,39
Volume Aktual Batubara (M <sup>3</sup> )	27.436,15
Volume OB BCM	681.242,24

Volume hasil perhitungan yang diperoleh dari data UAV pada tanggal 17 Juli sampai 08 Agustus 2024 adalah sebesar 740.243,57 BCM untuk volume *cut* sedangkan volume *Fill* adalah 31.565,18 BCM. Kemudian dengan mengasumsikan bahwa volume *fill* merupakan perpindahan material di dalam pit, bukan material yang hilang, maka volume *cut and fill* atau volume produksi *overburden* merupakan pengurangan dari volume *cut* terhadap volume *fill*, yaitu sebesar 708.678,39 BCM. Selanjutnya volume ini adalah merupakan volume asli kemajuan tambang.

#### Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada pihak PT Indominco Mandiri yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian, orang tua dan seluruh pihak yang terkait dalam penyelesaian penelitian ini.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan volume *overburden* di Pit 3HWE, PT Indominco Mandiri, diketahui bahwa total volume material yang dipotong (*cut*) mencapai 740.243,57 BCM, sementara volume material yang diisi kembali (*fill*) adalah 31.565,18 BCM, menghasilkan selisih volume bersih (*cut-fill*) sebesar 708.678,39 BCM. Volume aktual *overburden* yang dipindahkan, setelah disesuaikan dengan kondisi lapangan, tercatat sebesar 681.242,24 BCM, dengan berat material sebesar 35.667,00 ton. Hasil ini menunjukkan efektivitas dalam proses pemindahan *overburden* di *area* tersebut, dengan perbedaan volume *cut-fill* dan volume aktual yang relatif kecil, yang mengindikasikan akurasi dalam pengukuran dan proses pemindahan material.

## Daftar Pustaka

- Abidin, H. Z. (2021). *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. ITB Press. [www.itbpress.itb.ac.id](http://www.itbpress.itb.ac.id)
- Auningsih, S. W. N., Rohmaeni, D., Megasukma, Y., & Zahar, W. (2021). Pemodelan Stockpile Menggunakan Metode Fotogrametri dengan Wahana Uav (Unmanned Aerial Vehicle) Di PT Triaryani. *Jurnal Geomine*, 9(2), 141–149.
- BIG. (2014). *Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar*.
- Hasim, Z. A., & Basyid, Moch. A. (2021). Kajian Perbandingan Digital Elevation Model (Dem) Uav Dengan Digital Elevation Model (Dem) Topografi (Studi Kasus: PT. Torganda Kawasan Industri Lubuk Gaung Tanjung Penyembal-Sungai Sembilan Kota Dumai). *Seminar Nasional Dan Diseminasi Tugas Akhir*, 2, 594–604.
- Immanuel, B. A. N., Djurdjani, & Andaru, R. (2017). *Analisis Ketelitian Model Terain Digital Hasil pemetaan Fotogrametris Menggunakan Wahana UAV dan Metode Terrestrial Laser Scanning*. Universitas Gadjah Mada.
- Maulidin, R. F., Handayani, H. H., & Perkasa, Y. H. (2016). Studi Perbandingan Total Station dan Terrestrial Laser Scanner dalam Penentuan Volume Obyek Beraturan dan Tidak Beraturan. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), A723–A727.
- Prayogo, I. P. H., Manoppo, F. J., & Lefrandt, L. I. R. (2020). Pemanfaatan Teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Quadcopter dalam Rangka Pemetaan Digital (Fotogrametri) Menggunakan Ground Control Point (GCP). *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 10(1), 47–58.
- Rachma, Y. S., Prasetyo, Y., & Yuwono, B. D. (2018). Analisis Akurasi Ketelitian Vertikal Menggunakan Foto Udara Hasil Pemotretan Pesawat Tanpa Awak untuk Pembentukan Digital Terrain Model (DTM). *Jurnal Geodesi Undip*, 7(4), 244–253.
- Rahmadany, V., Tjahjadi, M. E., & Agustina, F. D. (2022). Penggunaan DTM Presisi dari Fotogrametri UAV untuk Analisa Bencana Longsor Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jambura Geoscience Review*, 4(2), 86–101.
- Setiawan, A. (2016). *Pemetaan Topografi Menggunakan Teknologi Terrestrial Laser Scanner (Studi Kasus Daerah Kiara Payung, Sumedang)*. Institut Teknologi Bandung.
- Sunu, H. A., Yuwono, D., & Suprayogi, A. (2019). Analisis Ketelitian DSM Kota Semarang dengan Metode Insar Menggunakan Citra Sentinel-1. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(3), 17–26.
- Susilo, H., Bani, M. N., & Nur, A. (2023). Analisis Pengaruh Jumlah GCP (Ground Control Point) terhadap Peta Orthofoto pada Jalan Berkarakter Curam dengan Tikungan Tajam Hasil Pemotretan Udara Metode UAV-Fotogrametri. *Jurnal Qua Teknika*, 13(1), 61–67.
- Widodo, S., Farida, A., Maysyurah, A., & Widianto, A. (2023). Pemanfaatan Teknologi Drone dalam Pemetaan Digital (Fotogrametri) Menggunakan Kerangka Ground Control Point (GCP) di Daerah Irigasi Waibu Distrik Salawati Tengah. *Musamus Journal of Civil Engineering*, 5(2), 36–43.
- Wijayanti, R. F., Kaffa, N. S., Kusetiyo, T., Sijabat, H., Putra, A. P., Prabawa, S. E., & Susilo, Y. (2023). Utilizing Post Processing Kinematic (PPK) Unmanned Aerial Vehicle (UAV) to Accelerate Detailed Land Mapping. *Jurnal Geosaintek*, 9(3), 176–182.
- Wolf, P. R., Gunadi., Gunawan, Totok., & Zuharnen. (1993). *Elemen Fotogrametri: Dengan Interpretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh* (2nd ed.). Gadjah Mada University Press.
- Zuhirmanto, Irvani, & Mardiah. (2018). Perhitungan Sumberdaya Batu Granit Pada Quarry PT Mandiri Karya Makmur Dengan Metode Cross Section dan Metode Cut And Fill. *Jurnal Mineral*, 3(1), 1–10.