

Pemodelan *Stockpile* Menggunakan Metode Fotogrametri Dengan Wahana Uav (*Unmanned Aerial Vehicle*) Di PT Triaryani

Sri Wulan Nur Auningsih, Dewi Rohmaeni, Yosa Megasukma, Wahyudi Zahar*
*Program Studi Teknik Pertambangan, Jurusan Teknik Kebumihan, Fakultas Sains
Dan Teknologi, Universitas Jambi, Indonesia*
**Email: wahyudizahar@unja.ac.id*

SARI

PT.Triaryani merupakan perusahaan tambang batubara yang menggunakan metode penambangan tambang terbuka, terletak di Kabupaten Musirawas Utara, Provinsi Sumatera Selatan. Dalam kegiatan pengukuran (survey), perusahaan ini menggunakan dua metode pengukuran data yaitu metode terestris dan metode fotogrametri. Tujuan penelitian ini adalah memodelkan *stockpile* serta menghitung volume *stockpile* secara cepat dan tepat. Metode terestris digunakan dalam pengukuran volume *overburden*, sedangkan metode fotogrametri digunakan dalam pengukuran volume batubara di *stockpile*. Pada penelitian ini fokus pada pengukuran volume batubara di *stockpile*. Pengukuran dengan metode fotogrametri merupakan metode pengukuran yang dilakukan menggunakan wahana UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). Metode ini digunakan dengan cara menghitung volume batubara menggunakan *Digital Elevation Model* (DEM) yang terbentuk dari data foto udara UAV. Pembentukan data DEM tersebut diperoleh dari data foto udara berupa *single* foto yang kemudian dikonversi dalam bentuk orthofoto menjadi data DEM. Metode ini memiliki beberapa keuntungan antara lain mempermudah dalam perhitungan serta mempersingkat waktu pengukuran volume batubara. Hasil dari penelitian ini berupa model orthofoto dan DEM, serta volume total dari batubara di *stockpile* PT.Triaryani yaitu sebesar 20.313,3 m³ dengan luas penampang 11.375 m² dalam *stockpile* ini dapat menampung batubara lebih dari 25.000 ton.

Kata kunci: metode fotogrametri, volume batubara, DEM

ABSTRACT

PT. Triaryani is a coal mining company that uses the open pit mining method, located in North Musirawas Regency, South Sumatra Province. In survey activities, this company uses two methods of measuring data, namely the terrestrial method and the photogrammetric method. The purpose of this study is to model the stockpile and calculate the volume of the stockpile quickly and precisely. The terrestrial method is used to measure the volume of overburden, while the photogrammetric method is used to measure the volume of coal in the stockpile. In this study, the focus is on measuring the volume of coal in the stockpile.

How to Cite: 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.

Published By:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan

Email:

geomine@umi.ac.id

Article History:

Submitte 02 Juli 2021
Received in from 05 Juli 2021
Accepted 30 Agustus 2021

Lisensec By:

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Measurement using the photogrammetric method is a measurement method carried out using a UAV (Unmanned Aerial Vehicle) vehicle. This method is used by calculating the volume of coal using the Digital Elevation Model (DEM) which is formed from UAV aerial photo data. The DEM data is obtained from aerial data in the form of a single photo which is then converted in orthophoto form into DEM data. This method has several advantages, including ease of calculation and shortening the measurement time of coal volume. The results of this study are orthophoto and DEM models, and the total volume of coal in the PT. Triaryani stockpile is 20,313.3 m³ with a cross-sectional area of 11,375 m² in this stockpile that can accommodate more than 25,000 tons.

Keyword: *photogrammetric method, coal volume, DEM*

PENDAHULUAN

Perusahaan Tambang PT.Triaryani adalah salah satu perusahaan tambang batubara yang berlokasi di Dusun V Desa Beringin Makmur II Kecamatan Rawas Ilir Kabupaten Musi Rawas Utara Provinsi Sumatera Selatan yang menggunakan metode tambang terbuka. Pada kegiatan penambangan terdapat kegiatan pengukuran (survey) yang bertujuan untuk menghitung semua volume bahan galian yang telah diambil maupun yang masih ada di alam (*insitu*). Dalam pengukuran ini, PT. Triaryani menggunakan dua metode yaitu metode terestris dan metode fotogrametri. Metode terestris digunakan untuk pengukuran di area front kerja (pit), sedangkan metode fotogrametri digunakan untuk melakukan pengukuran volume batubara di area *stockpile* PT. Triaryani.

Unmanned Aerial Vehicle (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 diluar pesawat, sementara pesawat beroperasi secara otomatis sesuai komando dari operator pengendali. Saat UAV memungkinkan pelacakan posisi (*tracking positioning*) dan orientasi sensor diimplementasikan dalam sistem koordinat lokal atau *global*. Oleh karena itu, UAV fotogrametri dapat dipahami sebagai alat pengukuran baru fotogrametri. UAV fotogrametri dapat digunakan untuk berbagai aplikasi baru dalam rentang domain dekat, menggabungkan udara dan darat fotogrametri, tetapi juga memperkenalkan aplikasi *real time* dan murah alternatif untuk klasik *photogrammetry* udara berawak. Fotogrametriwan Amerika mendefinisikan fotogrametri sebagai seni, ilmu dan teknologi untuk memperoleh informasi yang terpercaya tentang objek fisik dan lingkungan melalui proses perekaman, pengukuran, dan interpretasi gambaran fotografik dan pola radiasi tenaga elektromagnetik yang terekam (Paul R. 1993).

Pada pengukuran volume batubara di *stockpile* dengan menggunakan wahana UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) yang mendapatkan data berupa foto udara. Foto tersebut akan digunakan sebagai data primer untuk melakukan perhitungan volume batubara di *stockpile*. *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) juga dikenal dengan nama Pesawat Udara Nir Awak (PUNA) merupakan pesawat udara yang dapat beroperasi tanpa adanya awak. UAV beroperasi dengan adanya operator pengendali yang ada diluar pesawat, sementara pesawat beroperasi secara otomatis sesuai komando dari operator pengendali (Santoso, 2004). Metode ini memiliki keunggulan dalam pelaksanaan pengukuran lapangan yang lebih efisien. Dimana pengukuran dapat dilakukan dengan waktu yang singkat, biaya terjangkau dan mampu mencakup area yang luas. Berdasarkan dengan tingkat produksi, sehingga metode fotogrametri dengan wahana UAV digunakan oleh PT.Triaryani di area *stockpile*, karena volume batubara *crush* dan *raw* yang ada di *stockpile* terus mengalami perubahan setiap waktu.

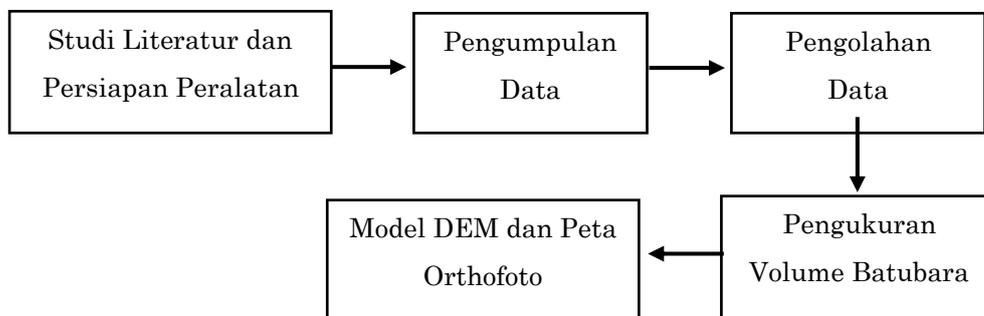
Pesawat tanpa awak (*Unmanned Aerial Vehicle / UAV*) adalah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh (LAPAN, 2015). Sementara itu, UAV fotogrametri adalah wahana / media / platform dalam fotogrametri, yang beroperasi dengan cara di kendalikan dari jarak jauh, semi-otonom atau otonom, tanpa pilot duduk dalam wahana (Eisenbeiss, 2008 dalam Sukmana, 2010).

DEM adalah data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik-titik koordinat hasil sampling dari permukaan dengan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat (Tempfli, 1991).

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan volume batubara di area *stockpile* PT.Triaryani dengan menggunakan metode fotogrametri. Sehingga hasil dari penelitian dapat memberikan informasi kepada perusahaan tentang besaran volume batubara yang ada di *stockpile* secara cepat.

METODE PENELITIAN

Tahap awal dari penelitian ini meliputi kegiatan studi literatur yang berupa pengumpulan informasi data yang perlu diambil. Tahap lanjutan yang perlu dilakukan adalah penentuan lokasi dan objek yang akan diteliti serta persiapan alat yang digunakan antara lain *drone*, *handphone* dan *remote control* yang digunakan pada saat pengambilan data lapangan. Selanjutnya yaitu tahap pengambilan data, semua data dikumpulkan dan data tersebut kemudian akan diolah. Data hasil pengukuran ini berupa foto udara dari objek yang diteliti. Pengolahan data dimulai dari pemindahan data dari *drone* ke dalam komputer yang kemudian data tersebut diolah dengan menggunakan *software Agisoft Photoscan*. Setelah proses editing data berupa *single* foto akan berubah menjadi orthofoto dan DEM. Data hasil editing dapat berupa DEM dan peta orthofoto. Pada hasil akhir ini dilakukan perhitungan volume batubara, dari data DEM akan diperoleh volume batubara yang ada di *stockpile*, serta diperoleh Peta batubara yang ada di *stockpile*. Adapun pada penelitian ini, digunakan tahap-tahap seperti bagan alir pada **Gambar 1** dibawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

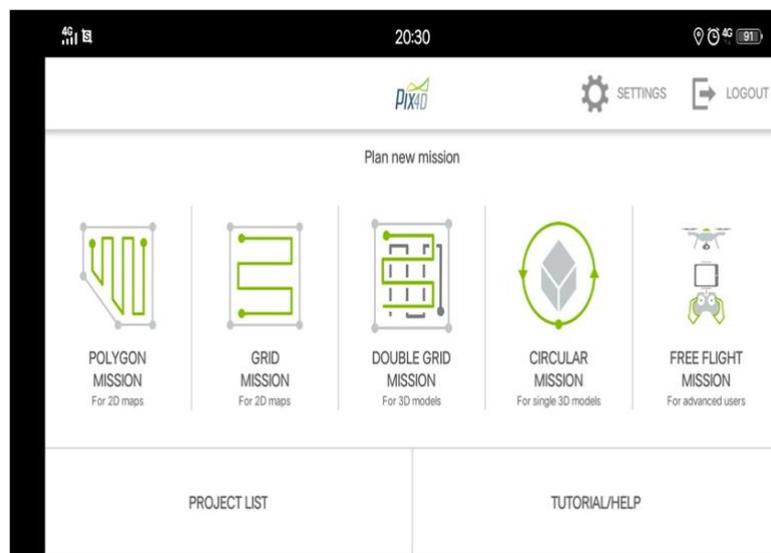
Fotogrametri dapat didefinisikan sebagai suatu seni, pengetahuan dan teknologi untuk memperoleh informasi yang dapat dipercaya tentang suatu obyek fisik dan keadaan disekitarnya melalui proses perekaman, pengamatan atau pengukuran dan interpretasi citra fotografis atau rekaman gambar gelombang elektromagnetik. Definisi fotogrametri diatas mencakup dua bidang kajian, yakni fotogrametri metrik dan fotogrametri interpretatif. Fotogrametri metrik merupakan bidang yang berkaitan dengan pengukuran atau pengamatan presisi untuk menentukan ukuran dan bentuk obyek, sedangkan fotogrametri interpretatif berhubungan dengan pengenalan dan identifikasi obyek.

Dalam perhitungan volume *stockpile* dengan menggunakan metode fotogrametri menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* memerlukan beberapa proses yang dimulai dari persiapan penerbangan *drone*, pengambilan data dengan menggunakan *drone*, serta pengolahan data dengan menggunakan *software Agisoft Photoscan*. Pengukuran dan

pengambilan data dengan menggunakan metode fotogrametri di PT. Triaryani menggunakan jenis *drone* tipe *Mavic Air*.

Sebelum dilakukan pengambilan data, diperlukan proses persiapan penerbangan *drone*. Terdapat beberapa hal yang perlu diatur terlebih dahulu diantaranya adalah pembuatan jalur terbang *drone*, luasan area terbang *drone*, ketinggian terbang *drone*, kecepatan terbang *drone*, penentuan *overlap* dan *sidelap* dari foto udara, penentuan *angel* (posisi kamera saat pengambilan foto) serta waktu terbang *drone*. Dalam persiapan ini dibutuhkan aplikasi yang dapat membantu dalam proses penerbangan *drone* yaitu menggunakan aplikasi Pix4DCapture, Ctrl+DJI dan DJI GO 4. Dimana aplikasi-aplikasi tersebut dapat di *download* menggunakan aplikasi *Google Play Store* di *smartphone* atau *handphone*.

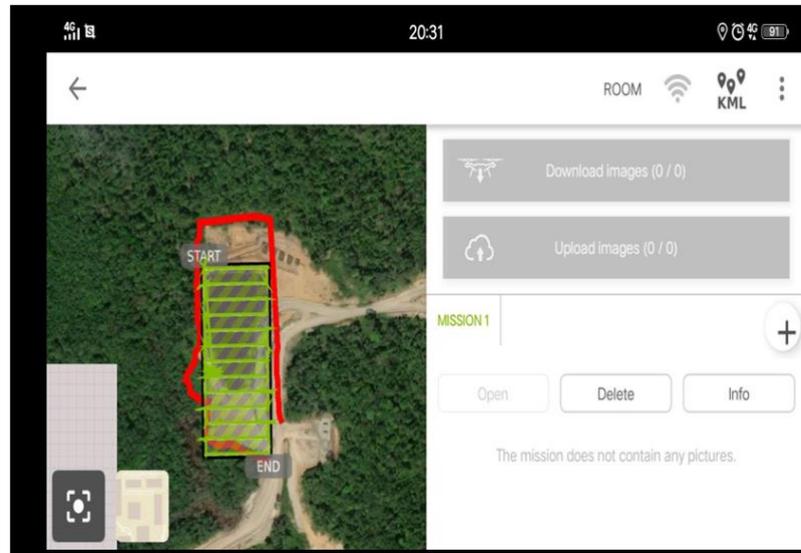
Pada saat pembuatan jalur terbang *drone*, fitur jalur terbang dari *drone* telah tersedia dalam aplikasi Pix4DCapture, yang dapat dilihat pada **Gambar 2**. Pada aplikasi tersebut, ada beberapa pilihan jalur penerbangan *drone* antara lain yaitu *polygon mission*, *grid mission*, *double grid mission*, *circular mission* dan *free flight mission*. *Polygon mission* merupakan jalur penerbangan *drone* yang dibuat mengikuti bentuk area yang akan diukur sehingga ukuran dapat menyesuaikan dengan bentuk area. *Grid mission* merupakan jalur penerbangan *drone* yang hanya memiliki bentuk persegi dan persegi panjang. *Circular mission* merupakan jalur penerbangan *drone* dengan posisi objek berada ditengah dan *drone* akan bergerak mengelilingi objek. Sedangkan *free flight mission* merupakan jalur penerbangan *drone* yang dapat dikendalikan secara langsung oleh operator dan biasanya cara ini digunakan oleh orang-orang yang telah ahli dalam penggunaan *drone*.



Gambar 2. Screenshot Tampilan Utama Pada Aplikasi Pix4DCapture

Setelah jalur penerbangan telah ditentukan, maka *Drone* akan melintasi mengikuti jalur penerbangan dengan cara zig-zag. Hal ini sangat berguna dalam perhitungan *overlap* dan *sidelap*. *Overlap* merupakan besarnya tumpukan *single* foto kedepan yang diambil, sedangkan *sidelap* merupakan besarnya tumpukan *single* foto kesamping yang diambil. Persentase besarnya *overlap* dan *sidelap* dapat disesuaikan dengan kebutuhan dari data yang akan diambil.

Jalur terbang *drone* yang digunakan penulis dalam pengukuran batubara di *stockpile* PT. Triaryani yaitu menggunakan *grid mission*. Hal ini dikarenakan bentuk dari *stockpile* dari batubara tersebut tidaklah terlalu kompleks sehingga lebih mudah menggunakan *grid mission*. Pengaturan jalur terbang dapat dilihat dalam **Gambar 3**.



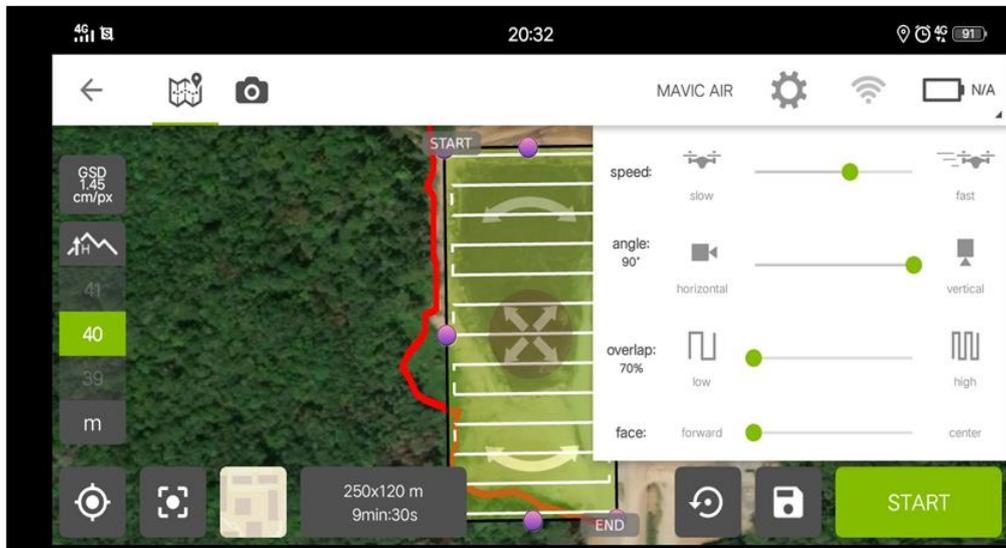
Gambar 2. Pengaturan Jalur Penerbangan Di *Stockpile* PT. Triaryani Menggunakan Aplikasi *Pix4DCapture*

Pada saat pengaturan luasan area terbang *drone*, dapat disesuaikan dengan kapasitas dari baterai yang digunakan oleh *drone*. Dalam pengukuran dan pengambilan data batubara di *stockpile* PT. Triaryani, penulis menggunakan luas area sebesar 250x120 m. Dengan area tersebut, maka proses pengukuran dan pengambilan data dengan *drone* ini sangat efektif.

Pengaturan ketinggian terbang *drone* dapat disesuaikan dengan keadaan lapangan dari area yang akan diukur. Apabila di area yang akan diukur ada bangunan yang tinggi seperti menara listrik ataupun menara signal, maka ketinggian terbang *drone* harus lebih tinggi dari kedua menara tersebut. Pada pengukuran dan pengambilan data batubara di *stockpile* PT. Triaryani, penulis menggunakan ketinggian terbang *drone* 40 m diatas permukaan tanah. Hal ini disebabkan karena diarea pengukuran hanya ada area lapang serta dikelilingi oleh pohon yang memiliki ketinggian <40 m.

Pengaturan kecepatan terbang *drone*, penentuan *overlap* dan *sidelap* serta penentuan *angel* (posisi kamera saat pengambilan foto) ini dapat disesuaikan dengan hasil *single* foto yang akan diambil oleh *drone*. Untuk pengukuran dan pengambilan data batubara di *stocpile* PT. Triaryani, penulis menggunakan kecepatan yang tidak terlalu cepat, *angle* kamera *drone* sebesar 90° yang berarti kamera mengambil foto secara tegak lurus, serta penentuan *overlap* dan *sidelap* sebesar 70%.

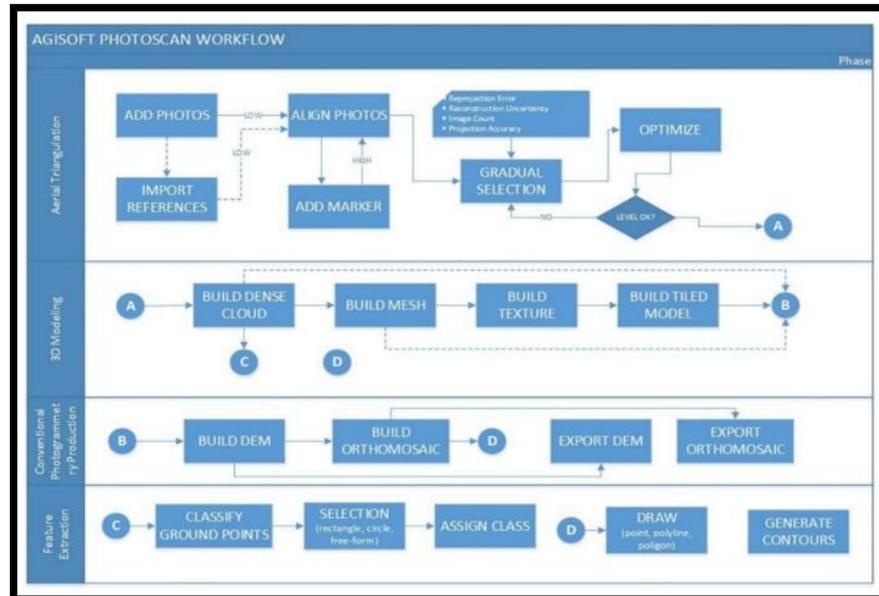
Pengaturan lamanya waktu terbang *drone* tergantung dengan kapasitas dari baterai yang digunakan oleh *drone* tersebut. Untuk pengukuran dan pengambilan data di *stocpile* PT. Triaryani, penulis hanya menggunakan lamanya waktu terbang *drone* yaitu selama 9 menit 30 detik. Penentuan waktu terbang *drone* ini telah disesuaikan dengan kapasitas dari baterai *drone*. Apabila baterai *drone* dalam keadaan *full* atau 100% maka kemampuan terbang maksimal dari *drone* hanya dapat terbang selama 14 menit, sehingga waktu penerbangan yang telah ditentukan sudah efektif. Pengaturan penerbangan *Drone* dapat dilihat dalam **Gambar 4**.



Gambar 3. Pengaturan Penerbangan *Drone* Menggunakan Aplikasi *Pix4DCapture*

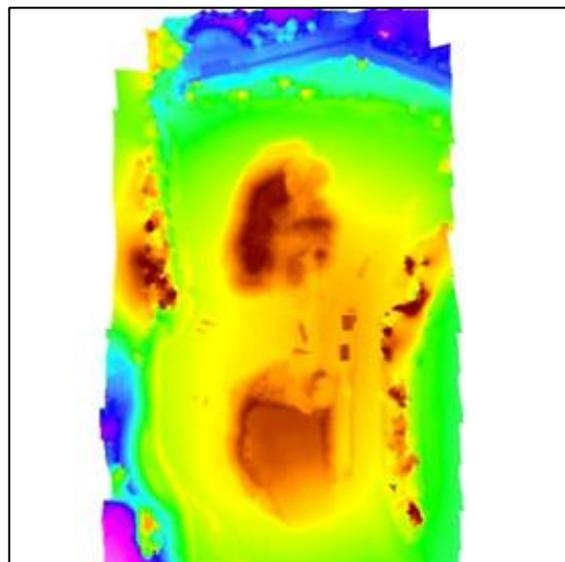
Setelah tahap persiapan telah selesai diatur, maka proses pengambilan data dengan menggunakan *drone* dapat dimulai. Pada proses pengambilan data langkah awal yang terlebih dahulu dilakukan adalah mempersiapkan peralatan. Peralatan yang digunakan adalah *Drone*, *Remote Control*, kabel data, *handphone* serta baterai *drone*. *Remote control* dan *handphone* dihubungkan dengan menggunakan kabel data kemudian baterai *drone* dipasangkan kedalam *drone*. Setelah *drone* dihidupkan dan dihubungkan dengan *remote control* dengan cara menekan tombol *on/off*, setelah lampu nyala lampu berwarna hijau pada *remote control* dan *drone*, maka *drone* siap untuk diterbangkan.

Proses pengolahan data dengan menggunakan *software Agisoft Photoscan* dapat dimulai setelah pengambilan data selesai. *Agisoft Photoscan* merupakan *software 3D modelling* yang menggunakan citra atau foto yang direkam secara stereo atau multi sudut, sehingga dari paralaks antar foto yang dihasilkan dapat disusun sebuah model tiga dimensi dari foto. *Agisoft* dapat digunakan untuk mengolah foto udara yang direkam menggunakan UAV atau *Drone*, sehingga dari hasil perekamannya dapat dihasilkan mosaic orthofoto, titik tinggi (*elevation point clouds*) dan DEM resolusi tinggi serta dapat ditampilkan secara tiga dimensi. Alur pemrosesan data dalam *software Agisoft Photoscan* dapat dilihat dalam **Gambar 5**.



Gambar 4. Agisoft Photoscan Workflow dalam Modul Software Agisoft Photoscan

Pada proses pengolahan data diawali dengan pemindahan data dari *drone* ke komputer menggunakan kabel data. Data utama dari *drone* biasanya berupa *single* foto yang kemudian dengan adanya proses editing akan dihasilkan data berupa orthofoto. Orthofoto merupakan hasil penggabungan dari *single* foto menjadi sebuah gambar dari objek yang diukur. Selain menghasilkan orthofoto dari proses editing juga diperoleh hasil berupa DEM (*Digital Elevation Model*). Setelah diperoleh gambar orthofoto dan DEM maka dilanjutkan dengan pengolahan data menggunakan *software Arcgis*. Dari pengolahan data tersebut maka diperoleh hasil berupa peta dari *stockroom* (ROM) yang diukur dan dapat dilihat pada Peta Orthofoto yang terdapat di Lampiran. Untuk hasil data DEM dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Model DEM Batubara di *Stockpile* PT.Triaryani

Pada perhitungan volume ROM dapat dilakukan berdasarkan hasil pengolahan orthofoto dan DEM dengan menggunakan *software Agisoft Photoscan*. Batubara di *stockpile* ada dua jenis yaitu *crush* dan *raw*, dari hasil perhitungan maka diperoleh volume *crush* sebesar 11.592 m³ sedangkan untuk *raw* diperoleh volume sebesar 8.721,4 m³, sehingga

volume total batubara yang ada di *stockpile* PT. Triaryani yaitu sebesar 20.313,3 m³ dengan luas penampang area 11.375 m², dimana dalam *stockpile* ini dapat menampung batubara lebih dari 25.000 ton.

Dalam pemanfaatan fotogrametri memiliki beberapa keunggulan dan kelemahan. Dimana keunggulan dari metode fotogramteri antara lain pekerjaan menjadi lebih praktis dan efisien, data tersimpan dalam bentuk yang ringkas, data digital dari data citra dapat lebih informatif, kualitas citra dapat diatur dan prospektif karena perkembangan fotogramteri berkorelasi positif dengan perkembangan teknologi perangkat keras dan perangkat lunak komputer. Sedangkan kelemahan dari metode fotogrametri ini antara lain dalam problem ukuran citra digital yang sering kali sangat besar dan pada beberapa perangkat lunak kemampuan membaca file yang telah diolah dengan perangkat lunak lain tidak dapat dilakukan secara langsung sehingga harus melalui proses konversi terlebih dahulu.

KESIMPULAN

PT.Triaryani merupakan perusahaan tambang yang melakukan kegiatan pengukuran (survey) dengan menggunakan dua metode, yaitu metode terestris dan metode fotogrametri. Metode fotogrametri digunakan dalam perhitungan volume batubara di area stockpile. Dalam pengolahan data hasil pengukuran data menggunakan metode fotogrametri di PT. Triaryani menggunakan beberapa software yaitu DJI GO 4, Ctrl+DJI, Pix4Dcapture, agisoft photoscan dan arcgis. Dari hasil perhitungan volume stockpile dengan metode fotogrametri diperoleh volume total sebesar 20.313,3 m³ dengan volume batubara crush sebesar 11.592 m³ sedangkan untuk batubara raw diperoleh volume sebesar 8.721,4 m³. Perhitungan volume menggunakan metode fotogrametri memiliki keuntungan yang lebih banyak sehingga sangat disarankan menggunakan metode ini.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan dan motivasi dalam penyelesaian artikel ilmiah ini. Terutama kepada PT. Triaryani yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian di PT. Triaryani. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada pendamping lapangan bapak M. Arif Rahman Hakim, S.T. yang telah mendampingi dalam pembuatan artikel ilmiah ini. Tanpa bantuan dari para pendamping yang telah membantu dari awal hingga akhir tentunya penyusunan artikel ilmiah ini tidak akan membuahkan hasil seperti yang diharapkan.

REFERENSI

- Belda, M, dkk. 2014. Climate Classification. Vol. 59:1-13. Climate Research.
- BIG. 2014. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.
- Budi, E. & Suyudi, B. 2017. Fotogrametri Terapan. Yogyakarta : STPN.
- Fajar, T., dkk. 2016. Analisis Deformasi Dan Volumetrik Menggunakan Metode Pengamatan 3 Dimensi Unmanned Aerial Vehicle (Uav). Jurnal Geodesi UNDIP. Universitas Diponegoro.
- KEPMEN ESDM Republik Indonesia No. 1827 K/30/MEM/2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik.
- Koppen, W. 1923. Die Klimate der Erde. Grundriss der Klimakunde. Berlin : Walter de Gruyter.
- LAPAN. (2015). Pustekbang LAPAN Bahas Regulasi Nasional UAV.<http://www.lapan.go.id/index.php/subblog/read/2015/1848/Pustekbang-LAPAN-Bahas-Regulasi-Nasional-UAV>. Diakses pada tanggal 20 Desember 2020.
- Santoso, B. 2004. Fotogrametri. Bandung : TGD ITB.

- Simanjuntak, T.O., Surono, Gafoer, S., dan Amin, T.C. 1991. Geologi Lembar Muarabungo, Sumatra, Skala 1:250000. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sukmana, C.A. (2007): Seri Workshop Oleh Laboratorium Fotogrametri Dan Penginderaan Jauh. Teknik Geodesi : UGM.
- Suwarna, N. & Suharsono. 1984. Laporan Geologi Lembar Bangko (Sarolangun), Sumatra. Laporan Terbuka. Bandung : Puslitbang Geologi.
- Syaeful, B. 2007. Dasar-dasar Fotogrametri. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Tempfli, K. (1991): DTM and Differential Modeling, Dalam Suharyadi, R., Sapta, B., Purwanto, T.H., Rosyadi. R.I., Farda, N.M., Wijaya, M.S. (2012) : Petunjuk Praktikum Sistem Informasi Geografis : Pemodelan Spatial, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.
- Utomo, B. 2017. Jurnal Drone Untuk Percepatan Pemetaan Bidang Tanah. Vol.18. No.2. FHIS UNDIKSHA dan IGL.
- Wolf, Paul R. 1993. Elemen Fotogrametri Dengan Intepretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh, Edisi Kedua. Yogyakarta : Gadjah Mada UniversityPress.