

OPTIMALISASI MANAGEMENT BATTERY DRONE UNTUK MENINGKATKAN EFFISIENSI WAKTU TERBANG DAN PRODUKTIFITAS LUASAN *IN-PIT MAPPING* MENGGUNAKAN PENDEKATAN GEOMATIKA DRONE DJI PHANTOM 4 RTK DALAM KONSESI PT ARUTMIN INDONESIA

Sigit Putrasakti¹⁾

1) Geologist PT Arutmin Indonesia, Departemen Mineral Resources, Balikpapan

ABSTRAK

Era industri 4.0 saat ini sedang berkembang dengan pesat, hampir semua bidang industri memerlukan dan tersentuh oleh DNA utama dari era industri 4.0, yaitu automasi proses yang lebih cepat. Demikian juga dengan industri pertambangan. Pengelolaan industri pertambangan khususnya tambang batubara juga tidak luput dari praktek-praktek automasi cerdas khas industry 4.0. Salah satu terapan yang dilakukan PT Arutmin Indonesia adalah penggunaan Drone RTK (DJI Phantom 4 RTK) dalam proses *in-pit mapping*. Output yang akan diharapkan dari *in-pit mapping* menggunakan *drone* ini antara lain *orthophoto* dan kontur topografi yang bisa dimanfaatkan untuk analisis atau pekerjaan selanjutnya. Akan tetapi kendala yang dihadapi pada saat melakukan *in-pit mapping* menggunakan *drone* ini adalah keterbatasan kemampuan *battery* sehingga waktu terbang dan luasan yang dihasilkan dalam pemanfaatan kapasitas *battery drone* perlu direncanakan dengan baik. Maka diperlukan beberapa usaha yang mampu mengoptimalkan penggunaan drone dalam *in-pit mapping*. Beberapa titik kritis yang dapat dioptimalkan kaitannya dengan management *battery drone*, antaranya:

1. Set ketinggian terbang
2. Kecepatan terbang
3. Overlapping foto

Ketiga praktek optimalisasi penggunaan *drone* tersebut mampu memaksimalkan penggunaan *drone* agar lebih efisien yaitu lama waktu terbang dan produktifitas luasan area tercapture yang meningkat, maupun memberikan rasa nyaman pilot *drone* dari kekhawatiran *drone* terjatuh. Optimalisasi ini dilakukan tentu dengan tidak meninggalkan kualitas hasil pekerjaan *in-pit mapping* menggunakan pendekatan geomatika drone DJI Phantom 4 RTK. Optimalisasi hal-hal tersebut di atas juga dapat dilakukan secara cepat dan praktis di lapangan, sehingga pilot drone yang sudah mengetahui typical area terbang tentu diharapkan bisa lebih baik dalam melakukan persiapan rencana terbang hingga memberikan hasil yang benar-benar maksimal.

Kata kunci: *in-pit mapping*, geomatika, optimalisasi *drone*

ABSTRACT

The 4.0 industrial era is currently developing rapidly, almost all fields of industry require and are touched by the main DNA of the 4.0 industrial era, which is faster automation process. Likewise with the mining industry. The management of the mining industry, especially coal mines, is also not immune from 4.0 industry-specific intelligent automation practices. One of the applications made by PT Arutmin Indonesia is the use of RTK Drones (DJI Phantom 4 RTK) in the in-pit mapping process. The output expected from in-pit mapping using this drone includes orthophoto and topographic contours which can be used for further analysis or work. However, the obstacle faced when conducting in-pit mapping using this drone is the limited ability of the battery so that the flying time and the area generated in the utilization of the battery drone capacity need to be planned properly. Then some efforts are needed to optimize the use of drones in in-pit mapping. Some critical points that can be optimized in relation to battery drone management including:

1. *Fly altitude set*
2. *Flying speed*
3. *Foto overlapping*

The three practice points of optimizing the use of drones are able to maximize the use of drones to be more efficient, namely the length of time to fly and the increased productivity of the captured area, as well as providing a sense of comfort for drone pilots from fears of falling drones. This optimization is done by certainly not leaving the quality of the results of the in-pit mapping work using the DJI Phantom 4 RTK drone geomatics approach. Optimization of the things mentioned above can also be done quickly and practically in the field, so that drone pilots who already knew the typical flying area are certainly expected to be better in making flight plan preparations to provide truly maximum results.

Keywords: in-pit mapping, geomatics, drone optimization

A. PENDAHULUAN

Suatu proyek penambangan batubara merupakan sebuah industri dengan rangkaian pekerjaan yang dilakukan secara iterasi dengan cepat. Salah satu hal yang perubahannya berlangsung cepat dan mudah dikenali adalah perubahan permukaan topografi pada suatu pit yang diakibatkan oleh proses penggalian, pengangkutan maupun penimbunan material batuan, baik batuan penutup maupun batubara itu sendiri. Di sisi lain industri pertambangan juga memerlukan investasi yang tidak sedikit sehingga optimalisasi pada setiap tahapan pekerjaan perlu dilakukan guna meningkatkan efisiensinya.

Pada banyak contoh, diketahui bersama bahwa pengambilan data *in-pit mapping* guna mengupdate topografi di dalam pit membutuhkan waktu yang tidak sebentar dan memiliki tantangan tersendiri yaitu misalnya kondisi bukaan pit yang sudah memiliki variasi kemiringan ekstrem sehingga menyulitkan diakses personil tim *ground/conventional survey* secara manual maupun lalu lintas di dalam pit yang kadang sangat sibuk.

Perkembangan kemajuan teknologi bisa dimanfaatkan sebagai salah satu jalan untuk mengatasi kesulitan-kesulitan tersebut. Pemanfaatan wahana UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) yang dikombinasikan dengan pendekatan proses geomatika secara tepat bisa sedikit mengurangi ketergantungan terhadap proses *conventional survey*. Salah satu terapan yang dilakukan PT Arutmin Indonesia adalah penggunaan Drone RTK (DJI Phantom 4 RTK) dalam proses *in-pit mapping*. *Output* yang akan diharapkan dari *in-pit mapping* menggunakan drone ini antara lain *orthophoto* dan kontur topografi yang bisa dimanfaatkan untuk analisis atau pekerjaan selanjutnya. Beberapa keuntungan dari penggunaan Drone RTK (DJI Phantom 4 RTK) antara lain:

- Proses cepat,
- Pengoperasian mudah, automasi
- Resolusi tinggi, yaitu GSD <10 cm,
- Tidak tertutup awan

Akan tetapi kendala yang dihadapi pada saat melakukan *in-pit mapping* menggunakan drone ini adalah keterbatasan kemampuan *battery*, yaitu hanya sekitar 20 – 30 menit termasuk perjalanan sebelum dan sesudah menjalankan jalur terbangnya. Terhadap keterbatasan tersebut, perkiraan durasi waktu terbang dan luasan yang dihasilkan dalam pemanfaatan kapasitas *battery* drone perlu direncanakan dengan baik. Maka diperlukan beberapa usaha yang mampu mengoptimalkan penggunaan drone dalam *in-pit mapping*. Beberapa titik kritis yang dapat dioptimalkan kaitannya dengan management *battery* drone, antaranya:

1. Set ketinggian terbang
2. Kecepatan terbang
3. *Overlap* foto

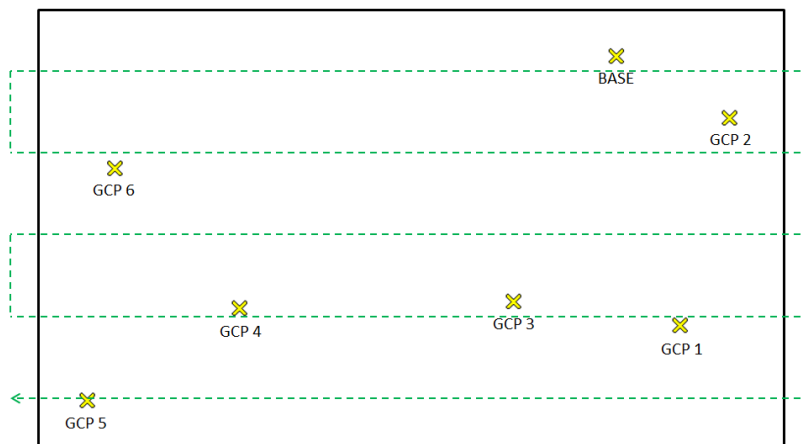
Operasi penerbangan drone di dalam area tambang, tetap perlu memperhatikan regulasi-regulasi yang berlaku tentang pengendalian pengoperasian sistem pesawat udara tanpa awak di ruang udara, diantaranya: Permen 180 Tahun 2015 (menggantikan Permen 90 Tahun 2015) tentang pengklasifikasian kawasan wilayah udara, Permen 163 Tahun 2015 bagian 107 mengenai peraturan keselamatan penerbangan sipil (PKPS). Terdapat juga regulasi yang memperkuat Permen 180 Tahun 2015 yaitu Permen 47 Tahun 2016 berisi bentuk pelanggaran dan sanksi. Permen 47 Tahun 2016 juga memberikan tafsir pengoperasian drone pada *uncontrolled airspace* dimana rata-rata proyek tambang berada pada klasifikasi ini, maksimal diperbolehkan terbang 500 ft atau sekitar 150 meter di atas permukaan tanah (150 meter AGL – *Above Ground Level*)

B. METODOLOGI

Pada *study* kasus dimaksud dalam paper ini, pendekatan metodologi yang dilakukan adalah melakukan beberapa kali praktek menerbangkan drone dengan merubah-ubah parameter pada ketinggian drone terbang; kecepatan drone terbang dan *overlap* foto. Pada seluruh variasi kombinasi parameter drone terbang, dilakukan pada *boundary* area yang sama, digunakan secara tetap seluas 28.80 hektar, sedangkan posisi *base station* juga berada pada lokasi yang tetap di dalam *boundary* terbang tersebut.

Pada setiap variasi *setting* parameter percobaan drone menjalankan misi selalu dicatat data-data yang diperlukan, dari data-data yang diperoleh tersebut nantinya akan dicari kondisi *setting* parameter yang paling optimal dalam memanfaatkan kapasitas *battery*, tentu dengan memperhatikan proses geomatika selanjutnya.

Optimalisasi ini dilakukan tentu dengan tidak meninggalkan kualitas hasil pekerjaan *in-pit mapping* menggunakan pendekatan geomatika, karena itu komparasi hasil proses geomatika *orthophoto* drone dengan posisi aktual GCP (*Ground Control Point*) juga dilakukan. Sebaran pemasangan GCP sendiri dilakukan dengan memperhatikan prinsip keterwakilan wilayah dan pertimbangan lain untuk mendukung pendekatan proses geomatika selanjutnya, paling perlu diperhatikan adalah uji distorsi kamera. Gambar 1 merupakan sebaran posisi pemasangan GCP



Gambar 1. Sebaran GCP & Ilustrasi Jalur Terbang

Ketiga praktek optimalisasi penggunaan drone tersebut mampu memaksimalkan penggunaan *battery* drone agar lebih efisien yaitu lama waktu terbang dan produktifitas luasan area *tercapture* yang meningkat, maupun memberikan rasa nyaman pilot drone dari kekhawatiran drone terjatuh. Optimalisasi hal-hal tersebut di atas juga dapat dilakukan secara cepat dan praktis di lapangan, sehingga pilot drone yang sudah mengetahui tipe area terbang tentu diharapkan bisa lebih baik dalam melakukan persiapan rencana terbang hingga memberikan hasil yang benar-benar maksimal. Sedangkan untuk memproses data-data yang dihasilkan di lapangan pada *study* ini dibantu dengan software Agisoft Metashape, Global Mapper dan tentunya Microsoft Office.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

C.1. Hasil Data

Pada *study* ini, data yang diambil meliputi kondisi pengaturan parameter itu sendiri (ketinggian terbang, kecepatan terbang, *overlap* foto), durasi waktu terbang, foto yang dihasilkan drone beserta jumlahnya dan data pendukung lainnya. Seperti disebutkan pada Bab Metodologi, lokasi pengambilan data adalah tetap yaitu disiapkan sebagai batasnya berupa 1 (satu) *boundary* area yang dibentuk sedemikian rupa kemudian buat dalam file *.kml –salah satu jenis file yang bisa diperoleh melalui beberapa software, dalam *study* ini menggunakan Global Mapper-, kemudian file tersebut diupload ke dalam *remote control* drone. Melalui layar *remote control* yang sudah menampilkan *boundary* area tersebutlah *setting* jalur terbangnya drone dapat dengan mudah dilakukan.

Pengaturan ketinggian terbang drone, dilakukan untuk 3 perubahan level ketinggian *above ground level* yaitu 150 meter, 125 meter dan 100 meter. Pengertian ketinggian terbang adalah dihitung dari titik pertama drone diterbangkan atau pada saat drone diletakkan di atas *launching pad*. Tiga level ketinggian tersebut mempertimbangkan regulasi ketinggian maksimum penerbangan drone yaitu 150 meter AGL, faktor keamanan *interferensi* maupun *obstacle* pada drone jika terbang di bawah level 100 meter maupun memudahkan analisa yaitu dengan membuat perbedaan separasi level terbang per 25 meter diharapkan perubahan datanya lebih mudah dianalisa pengaruhnya.

Pada *setting* kecepatan terbang, juga dibagi menjadi 3 level, yaitu *speed* 11 m/s, 9 m/s dan 7 m/s. Namun, kecepatan 11 m/s hanya dapat diuji coba pada ketinggian terbang 150 meter AGL karena *setting* pada ketinggian 125 meter dan 100 meter AGL ditolak secara *default* oleh sistem yang tertanam di *remote control* maupun drone. Begitu juga secara *gradual* pada *speed* 9 m/s hanya dapat diuji coba pada 2 level ketinggian, 150 meter dan 125 meter, ditolak oleh default sistem terbang pada ketinggian 100 meter AGL. Sedangkan uji pengaruh *overlap* foto hanya dilakukan untuk 2 perbedaan *overlap* area foto *side-forward overlap* yaitu 40 – 60 dan 50 – 70. Uji *overlapping* tidak dilakukan di atas overlap 50 - 70 dimaksudkan agar foto yang dihasilkan tidak terlalu banyak sehingga waktu pemrosesan yang diperlukan juga tidak terlalu lama. *Overlapping* di bawah 40-60 juga tidak dilakukan dengan tujuan agar keakuratan hasil masih bisa dipertahankan.

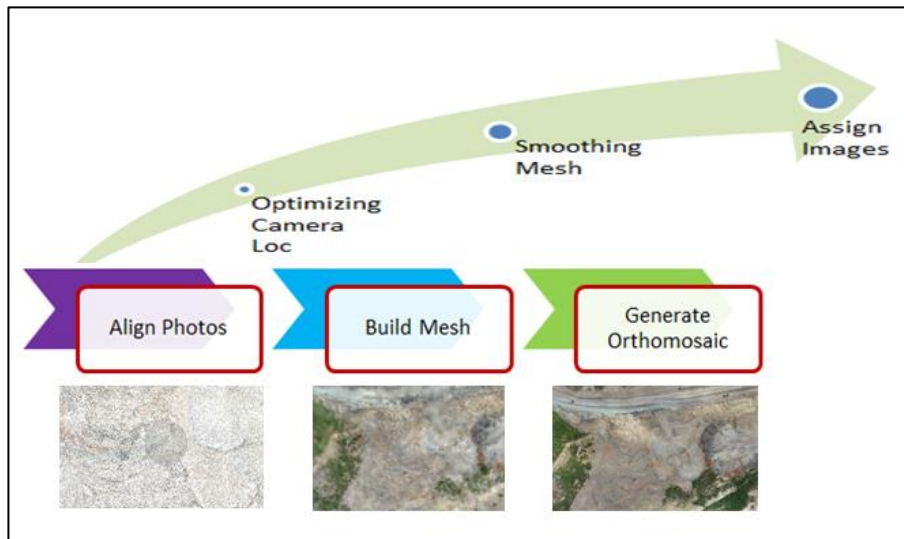
Seluruh pengambilan data pada semua variasi parameter dilakukan pada status satelite yang mencukupi, cuaca yang cerah dan pencahayaan yang cukup. Selain berupa foto yang akan digunakan pada proses geomatika melalui *Agisoft Metashape*, data statistik yang diperoleh dari uji terbang *drone* dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Data Uji Terbang Terhadap Variasi Parameter

Flight	Boundary	RTK Satellite	Meter Height	Level Speed	Side Overlap	Forward Overlap	Photo	Minutes Flight
1	28.8 ha	35 fix	150	9	40	60	93	11:20
2	28.8 ha	37 fix	125	9	40	60	128	12:43
3	28.8 ha	35 fix	100	7	40	60	173	17:03
4	28.8 ha	36 fix	125	7	40	60	125	15:47
5	28.8 ha	37 fix	150	7	40	60	92	14:06
6	28.8 ha	37 fix	150	11	40	60	97	9:56
7	28.8 ha	40 fix	150	9	50	70	141	12:51
8	28.8 ha	41 fix	125	9	50	70	192	14:11
9	28.8 ha	43 fix	100	7	50	70	253	18:41
10	28.8 ha	40 fix	125	7	50	70	185	17:23
11	28.8 ha	36 fix	150	7	50	70	140	15:53
12	28.8 ha	37 fix	150	11	50	70	150	11:17

Seluruh foto yang dihasilkan dari uji terbang terhadap variasi parameter perlu segera di *download* dan dikelola dengan baik per identitas masing-masing, untuk kemudian dilakukan pengecekan

kualitas per foto, seperti kondisinya, ukuran rata-rata foto hingga *range* variasi altitude. Melalui software *Agisoft Metashape* diproses hingga produk yang berupa *orthomosaic/orthophoto*. Tahapan proses dengan bantuan *software* tersebut dapat dilihat seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Proses Hingga *Orthomosaic*

Align photo dilakukan untuk mengidentifikasi titik-titik yang ada di masing-masing foto dan melakukan proses *matching* titik yang sama di dua atau lebih foto, menghasilkan model 3D awal, posisi kamera foto setiap perekaman dan *sparse point clouds* yang akan digunakan pada tahap berikutnya. *Mesh* adalah satu keluaran utama dari pemrosesan foto udara di *Agisoft*, nantinya digunakan sebagai dasar pembuatan DEM baik DSM maupun DTM dan juga *orthophoto*. Sedangkan *orthomosaic/orthophoto* adalah foto udara yang telah dikoreksi geometrinya sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan pemetaan tanpa adanya inkonsistensi skala disepanjang plan view. Waktu dalam detik, yang diperlukan pada setiap langkah utama maupun langkah pendukung (yang perlu dilakukan guna mengontrol kualitas pekerjaan) dari proses *Agisoft Metashape* dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Waktu Proses dalam Detik Sampai *Orthomosaic*

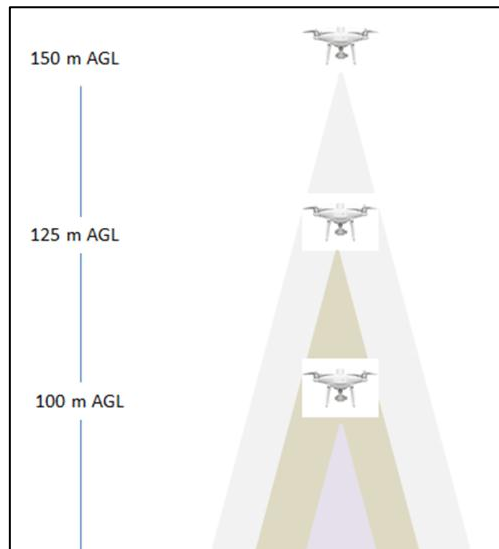
Flight	Photo	Align Photos	Optimizing Camera	Build Mesh	Smoothing Mesh	Generate Ortho	Total Processing	Assign Images
1	93	512.08	8.70	12.12	0.02	308.12	841.03	11
2	128	1,392.35	11.09	17.69	0.03	230.11	1,651.26	13
3	173	1,306.55	11.68	18.07	0.03	217.95	1,554.29	10
4	125	663.61	17.60	25.61	0.08	441.24	1,148.13	11
5	92	601.71	4.81	9.53	0.03	133.31	749.39	17
6	97	769.81	8.22	7.66	0.02	276.25	1,061.97	11
7	141	1,152.81	30.22	43.84	0.11	233.63	1,460.60	16
8	192	1,595.80	20.68	24.81	0.03	236.71	1,878.03	15
9	253	2,365.13	37.33	27.09	0.09	608.50	3,038.15	4
10	185	1,462.59	19.73	24.96	0.03	250.02	1,757.33	13
11	140	1,146.85	13.50	17.17	0.03	161.85	1,339.40	13
12	150	1,121.11	20.06	20.95	0.03	215.70	1,377.85	15

C.2. Pembahasan

Dari dari Tabel 1, dapat dicermati bahwa pengaturan ketinggian terbang drone mengakibatkan perbedaan waktu terbangnya drone. Tren-nya adalah semakin tinggi level ketinggian maka diperoleh data waktu yang dibutuhkan terbang semakin sebentar. Perbandingan ini tentunya

dibatasi oleh parameter lain yang harus sama. Flight 1 dengan flight 2 memiliki parameter *speed* dan overlap sama, perbedaannya pada ketinggian terbang maka dijumpai data Flight 1 yang terbang pada ketinggian 150 meter AGL lebih memerlukan waktu terbang yang sedikit (11:20 menit) dibandingkan dengan Flight 2 yang terbang pada ketinggian 124 meter AGL. Hal ini juga mencermati data Flight 3 – Flight 4 – Flight 5 yang memiliki parameter sama pada *speed* dan *overlapping* foto, semakin tinggi drone terbang, waktu yang diperlukan menyelesaikan misi lebih sedikit. Demikian juga apabila mencermati flight seterusnya.

Pengaturan ketinggian terbang memberikan pengaruh terhadap luasan area yang mampu terekam dalam foto, hal ini disebabkan seiring tingginya drone mampu memberikan cakupan area yang lebih luas pada lensa kamera drone (meski sudut bukaan lensa sama), sehingga apabila area sudah dibatasi maka semakin naiknya level ketinggian, jumlah foto yang diperlukan untuk menyelesaikan misi terbang dalam *boundary* tersebut akan semakin sedikit, ini berarti waktu yang dibutuhkanpun semakin sedikit. Ilustrasi pengaruh ketinggian drone terhadap cakupan area dapat dilihat pada gambar 3 berikut:



Gambar 3. Ilustrasi Pengaruh Ketinggian Terhadap Cakupan Lensa

Kecepatan terbang drone sudah barang tentu berpengaruh selaras terhadap kecepatan menyelesaikan suatu misi, ini sebagai akibat dari semakin tingginya kecepatan maka semakin jauh juga jarak yang dilintasinya pada satuan waktu yang sama. Dengan batasan parameter lain harus sama terlihat data yang diperoleh menunjukkan tren yang sesuai dengan teori tersebut, membandingkan Flight 5 – Flight 1 – Flight 6 dalam Tabel 3 contohnya.

Tabel 3. Data Pengaruh Kecepatan Terhadap Waktu Terbang

Flight	Boundary	RTK Satellite	Meter Height	Level Speed	Side Overlap	Forward Overlap	Photos	Minutes Flight
5	28.8 ha	37 fix	150	7	40	60	92	14:06
1	28.8 ha	35 fix	150	9	40	60	93	11:20
6	28.8 ha	37 fix	150	11	40	60	97	9:56

Overlap foto yang digunakan pada geomatika dikenal 2 tipe yaitu *forward lap* dan *side lap*. *Forward lap* adalah kemampuan kamera dalam melakukan potret yang *overlap* pada saat satu kali terbang di jalur track terbang yang sama, direkomendasikan adalah 70% area yang mengalami *overlap* dari foto pertama *Side lap* merupakan *overlap* diantara 2 garis track penerbangan yang disebut dengan spasi. Nilai khas yang diperlukan untuk proses *fotogrametri* adalah 30-60%, tetapi disarankan menggunakan sedikitnya 50% dari sisi yang terambil teorinya adalah semakin tinggi nilai *overlap* maka akan semakin bagus hasil olah *orthophoto*, terutama jika akan diolah menjadi

3D (Liu Purnomo, 2018). Pada *study* ini sengaja menggunakan *overlap* di luar rekomendasi, memiliki tujuan sampingan juga untuk mengetahui pengaruh terhadap kualitas *orthomosaic*, model 3D, maupun DEM/DSM/DTM yang dihasilkan. Jika menitik beratkan pada *flight time* yang diperlukan untuk menyelesaikan misi, data yang diperoleh menunjukkan tren semakin kecil area *overlap* maka semakin sedikit waktu terbang yang dibutuhkan.

Berdasarkan data pada Tabel 2. dapat diketahui bahwa total waktu proses melalui software yang paling sedikit adalah pada Flight-5 dan yang paling lama adalah pada Flight-9. Apabila dihubungkan dengan setting parameter ketinggian terbang, kecepatan terbang maupun *overlap* foto terdapat ketidaksesuaian dalam hubungan langsung. Setting yang menghasilkan waktu terbang lebih sedikit belum tentu mendapatkan waktu proses di software yang juga lebih sedikit. Satu-satunya hal yang dipertimbangkan dan selaras dalam menghasilkan waktu proses di software adalah jumlah foto.

Hal menarik lainnya adalah dijumpai hubungan selaras antara total waktu prosesing – jumlah foto dengan jumlah obyek yang tidak tepat *seamlines* (garis imajiner dalam Agisoft untuk melakukan sinkronisasi dalam suatu luasan tertentu), semakin sedikit waktu proses semakin banyak dijumpai ketidaksesuaian obyek, demikian juga sebaliknya semakin lama waktu proses atau semakin banyak jumlah foto maka semakin sedikit obyek yang kurang sesuai. Ketidaktepatan obyek ini memerlukan *manual treatment* yaitu dengan melakukan *assign images*. Proses menempatkan obyek secara benar ini membutuhkan ketelitian dalam mencari obyek yang bermasalah serta proses membetulkannya. Beberapa bentuk ketidaksesuaian ini seperti contoh ditampilkan pada gambar 4 berikut:



Gambar 4. Bentuk Ketidaktepatan Obyek dan Setelah Proses *Assign Images*

Sebagai kontrol akurasi pengolahan model 3D (DEM) dari foto hasil tangkapan drone, juga dilakukan analisa ketepatan koordinat dibandingkan dengan posisi aktual GCP dipasang. Baik di tengah *boundary* maupun di tepi *boundary* area misi terbang drone. Pemasangan GCP pada tepi *boundary* juga memiliki maksud untuk menguji besaran distorsi kamera (meskipun mode pengurang distorsi pada *remote control* drone sudah diaktifkan). Dari model DEM dapat dilakukan *generate* kontur sehingga posisi latitude, longitude dan altitude GCP pada *orthomosaic* dapat dibandingkan terhadap pengukuran posisi GCP secara *ground survey*. Nilai absolut selisih posisi GCP di *orthomosaic* dengan aktual *ground survey* dapat dilihat pada Tabel 4, nilai dalam meter.

Tabel 4. Selisih Posisi GCP *Orthomosaic* dengan Aktual *Ground Survey* dalam Meter

Flight	Variance Latitude (absolut)	Variance Longitude (absolut)	Variance Altitude (absolut)
1	0.00000291	0.00000258	1.2685
2	0.00000323	0.00000259	1.3060
3	0.00000264	0.00000155	0.8246
4	0.00000288	0.00000185	1.4583
5	0.00000324	0.00000407	1.0960
6	0.00000159	0.00000362	1.3818
7	0.00000289	0.00000233	0.9753
8	0.00000287	0.00000103	0.7954
9	0.00000189	0.00000215	0.6504
10	0.00000316	0.00000233	0.8169
11	0.00000332	0.00000292	0.8211
12	0.00000317	0.00000369	0.9535

Seluruh uji terbang drone, dengan variasi parameter masing-masing memberikan perbedaan latitude dan longitude yang sangat kecil, sedangkan pada altitude cukup signifikan. Trennya adalah setting pada ketinggian terbang rendah, kecepatan terbang rendah dan *overlap* foto lebih besar menghasilkan perbedaan altitude yang lebih kecil. Perbedaan altitude yang cukup besar ini dapat diatasi dengan melakukan penyesuaian posisi GCP pada saat awal proses di Agisoft Metashape.

D. KESIMPULAN

Memperhatikan kualitas, utamanya cek akurasi posisi koordinat GCP baik pada area tengah dengan distorsi kecil maupun pinggir *boundary* dengan distorsi kamera lebih besar, maka optimalisasi management battery drone untuk meningkatkan efisiensi waktu terbang dan produktifitas luasan *in-pit mapping* menggunakan pendekatan geomatika drone DJI Phantom 4 RTK dapat dilakukan dengan pengoptimalan setting pada:

1. Ketinggian terbang, terbang pada level ketinggian 150 meter AGL
2. Kecepatan terbang, kecepatan 11 m/s
3. *Overlapping* foto, *overlap* 40:60

Adapun kendala pada hasil altitude yang memiliki simpangan cukup besar dapat di atasi dengan melakukuna langkah kecil berupa adjust poisisi GCP pada awal proses di dalam software Agisoft Metashape.

DAFTAR PUSTAKA

- Bone, E. dan Bolkcom, C., 2003. Unmanned Aerial Vehicles: Background and Issues for Congress, Library of Congress Washington DC Conressional Research Service, United States.
- Feng, Yanming and Wang, Jinling (2008) GPS RTK Performance Characteristics and Analysis, Journal of Global Positioning Systems, Vol 7. No 1.
- Setiady, Joko (2013) Aplikasi GPS RTK untuk PemetaanBidang Tanah, Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, Vol 1, No 1.
- Ardhiwisesa, P., Widodo, K., Oktiawan, F (2016) Pemanfaatan Wahana Drone (DJI Phantom 4) Dengan Menggunakan Prinsip Photogrametri untuk Evaluasi Luasan dan Tutupan Lahan Area Reklamasi dalam Rangka Pemenuhan Kriteria Keberhasilan Reklamasi, PROSIDING TPT XXV PERHAPI 2016, PERHAPI.

- Ardhiwisesa, P., Oktiawan, F (2017) Optimization Usage of Drone with Photogrametry Principles for Geotechnical Monitoring and Remedial Implementation, PROCEEDINGS JOINT CONVENTION MALANG 2017, HAGI – IAGI – IAFMI – IATMI, Malang.
- Prahara, Yoga (2012) Real-Time Kinematic (RTK) Positioning dan CORS, data diperoleh melalui situs internet: <https://surveyoryoga.wordpress.com/2012/12/28/real-time-kinematic-rtk-positioning-dan-cors/>
- Riyanto, Sigit (2017) Maksimalkan Ukuran RAM pada Proses Allignment di Agisoft Fotoscan, data diperoleh melalui situs internet: <https://www.sigitriyanto.com/tutorial-maksimalisasi-ukuran-ram-pada-proses-allignment-di-agisoft-fotoscan/>
- Purnomo, Liu (2018) Foto Udara dalam Pemetaan Menggunakan Drone, data diperoleh melalui situs internet: <https://liupurnomo.com/foto-udara-dalam-pemetaan-menggunakan-drone/>
- Kemenhub (2015) Peraturan Menteri Perhubungan No. 180 Tahun 2015, data diperoleh melalui situs internet: http://jdih.dephub.go.id/assets/uudocs/permen/2015/PM_180_TAHUN_2015.pdf
- Kemenhub (2015) Peraturan Menteri Perhubungan No. 163 Tahun 2015, data diperoleh melalui situs internet: http://jdih.dephub.go.id/assets/uudocs/permen/2015/PM_163_TAHUN_2015.pdf
- Kemenhub (2016) Peraturan Menteri Perhubungan No. 47 Tahun 2016, data diperoleh melalui situs internet: http://jdih.dephub.go.id/assets/uudocs/permen/2016/PM_47_TAHUN_2016.pdf

