

Kajian akurasi *drone* menggunakan *ground control point* pada *Seam C Pit Cendana Selatan PT Hasnur Riung Sinergi*

Study of drone accuracy using ground control point at Seam C Pit Cendana Selatan PT Hasnur Riung Sinergi

Aldina Renata¹, Marselinus Untung Dwiatmoko², Muhammad Zaini Arief^{3*}

¹ Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas, Universitas Lambung Mangkurat

^{2,3} Program Studi Rekayasa Geologi, Fakultas, Universitas Lambung Mangkurat

e-mail: ¹1810813220008@mhs.ulm.ac.id, ²untung@ulm.ac.id, ³zaini.arief@ulm.ac.id

ABSTRAK

PT Hasnur Riung Sinergi menggunakan teknologi *drone* dalam melakukan kegiatan *survey* dan pemetaan pada area tambang. Namun, belum diketahui seberapa akurat tingkat akurasi yang didapatkan dari proses foto udara menjadikan latar belakang dilakukan penelitian. Penelitian menggunakan *software Pix4dmapper* untuk memproses *orthophoto* yang diambil menggunakan *Drone DJI Mavic 2 Pro* dan untuk perhitungan volume area yang berubah menggunakan *software surpac*. Data pembandingan yang digunakan untuk meneliti tingkat akurasi *orthophoto* adalah data *total station*. Penelitian menggunakan titik GCP (*ground control point*) yang berbeda-beda dengan ketinggian yang sama. Ketelitian yang dihasilkan pun berbeda-beda, dengan nilai deviasi terkecil yaitu sebesar titik koordinat $x=1,5$ meter $y=1,7$ meter dan $z=0,6$ meter. Dengan deviasi volume terkecil yaitu 82,75 bcm dan deviasi volume terbesar yaitu 35.029,75 bcm. Faktor yang mempengaruhi tingkat akurasi pada titik koordinat adalah ketinggian terbang *drone* dalam pengambilan foto, *hardware Pc* yang digunakan, pemrosesan *point cloud*, ukuran GCP (*ground control point*) yang cukup kecil dan pemilihan titik GCP (*ground control point*) pada saat pembuatan *orthophoto*. Sedangkan faktor yang mempengaruhi tingkat akurasi pada perhitungan volume adalah adanya deviasi koordinat x,y,z antara hasil *orthophoto* dan *total station* serta distribusi sebaran GCP (*ground control point*).

Kata-kata kunci: akurasi, *drone*, *Ground Control Point*, *total station*

ABSTRACT

PT Hasnur Riung Sinergi uses drone technology in conducting survey and mapping activities in the mining area. However, it is not yet known how accurate the level of accuracy obtained from the aerial photography process is the background for the research. The research used the Pix4dmapper software to process orthophotos taken using the DJI Mavic 2 Pro drone and to calculate the changing area volume using the surpac software. Comparative data used to examine the level of accuracy of orthophoto is total station data. The research uses different GCP (ground control points) points with the same height. The resulting accuracy also varies, with the smallest deviation value, namely the coordinates of $x=1,5$ meters, $y=1,7$ meters and $z=0,6$ meters. With the smallest volume deviation of 82,75 bcm and the largest volume deviation of 35.029,75 bcm. Factors that affect the level of accuracy at coordinate points are the flying height of the drone when taking photos, PC hardware used, point cloud processing, GCP (ground control) size point) which is quite small and the selection of GCP (ground control point) points when making orthophoto. While the factors that affect the level of accuracy in volume calculations are the deviation of the x, y, z coordinates between the results of the orthophoto and the total station as well as the distribution of the GCP (ground control point) distribution.

Keywords: accuracy, *drone*, *Ground Control Point*, *total station*

PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman semakin berkembang juga metode dalam melakukan kegiatan survei dan pemetaan. Salah satu metode pemetaan yang saat ini sering digunakan adalah metode fotogrametri. Adapun alat yang sering digunakan untuk menunjang kegiatan survei dan pemetaan adalah *drone*. Teknologi *drone* telah mengalami perkembangan yang cukup signifikan, pemanfaatannya pun sudah meluas hingga ke industri tambang.

PT Hasnur Riung Sinergi menggunakan teknologi *drone* dalam melakukan kegiatan *survey* dan pemetaan pada area tambang. Adapun keuntungan metode fotogrametri yaitu memiliki kemampuan pengambilan data jauh lebih cepat dan lebih luas serta lebih aman dibandingkan dengan *total station*. Kelemahan metode fotogrametri yaitu belum diketahuinya tingkat keakuratan dari hasil foto udara itu sendiri baik dari segi titik koordinat ataupun hasil dari perhitungan volumenya. Hal tersebut yang mendasari dilakukannya penelitian.

METODOLOGI

Rancangan kegiatan penelitian direncanakan terdiri dari 5 tahapan yaitu tahap persiapan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data, tahap analisis data dan tahap penyusunan laporan akhir.

Rancangan eksperimen yang akan dilakukan adalah uji keakuratan titik koordinat x,y,z dan volume antara hasil dari *orthophoto* dengan hasil *total station*, yang kemudian dilakukan analisis faktor yang mempengaruhi hasil dari *orthophoto* dan *total station*.

Peta adalah gambaran konvensional permukaan bumi pada bidang datar yang diperkecil seperti kenampakannya jika dilihat dari atas dengan ditambah tulisan-tulisan sebagai tanda pengenal [1]. Pemetaan adalah ilmu yang mempelajari kenampakan muka bumi yang menggunakan suatu alat dan menghasilkan informasi yang akurat. Tujuan pembuatan peta adalah untuk keperluan navigasi, perencanaan, analisis data, keperluan desain, hingga memberi informasi [2].

Survey dan pemetaan merupakan sebuah ilmu, seni dan teknologi untuk menentukan posisi relatif, suatu titik di

atas, atau di bawah permukaan bumi [3]. *Survey* dan pemetaan pada areal tambang (eksplorasi dan eksploitasi) pada dasarnya sama dengan *survey* dan pemetaan yang biasa kita temui, hal yang membedakan terletak pada *survey* dan pemetaan yang disebut dengan blok tambang dengan menggunakan sistem grid atau line yang teratur [4]. Fotogrametri atau aerial *surveying* adalah teknik pemetaan melalui foto udara. Fotogrametri adalah suatu seni, ilmu dan teknik untuk memperoleh data-data tentang objek fisik dan keadaan di permukaan bumi melalui proses perekaman, pengukuran, dan penafsiran citra fotografik [5].

Dukungan ketersediaan teknologi pencitraan secara digital telah mendorong fotogrametri semakin banyak digunakan, karena kebutuhan peralatan fotogrametri yang mahal dapat dikurangi dengan perangkat lunak dan perangkat keras yang murah [6]. *Ground control point* (GCP) atau titik kontrol tanah adalah proses penandaan lokasi yang berkoordinat berupa sejumlah titik yang diperlukan untuk kegiatan mengkoreksi data dan memperbaiki keseluruhan citra yang disebut sebagai proses rektifikasi GCP, terdiri dari sepasang koordinat X dan Y, yang terdiri atas koordinat sumber dan koordinat referensi [7]. GCP berfungsi sebagai titik sekutu antara sistem koordinat peta dan sistem koordinat foto [8]. Titik-titik GCP digunakan selama pemrosesan foto udara untuk mengurangi kesalahan sehingga dihasilkan produk dengan akurasi tingkat survei [9]. Teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) yang lebih dikenal dengan sebutan *drone* adalah sebuah mesin terbang atau pesawat tanpa awak yang dapat dikendalikan dari jarak jauh oleh pilot menggunakan remote control atau mampu mengendalikan dirinya sendiri [10].

HASIL DAN DISKUSI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keakurasian *drone* dengan menggunakan *ground control point* pada area *seam c pit* cendana selatan PT.Hasnur Riung Sinergi *site* BRE. Dengan menggunakan data dari *total station* sebagai data pembanding dari data *orthophoto*. Dimana data *total station* yang dihasilkan *total station* sudah memenuhi syarat ketelitian yang diinginkan perusahaan.

Kemudian untuk ketinggian terbang *drone* telah ditentukan yaitu dengan ketinggian 230 meter diatas permukaan tanah saat pertama kali *drone* diterbangkan, ketinggian terbang *drone* sama pada setiap pengambilan data perminggunya. Ukuran GCP yang digunakan adalah ±1x1 meter pada setiap pengambilan data. Sebaran dan jumlah GCP yang digunakan untuk pengambilan data tiap minggunya berbeda-beda menyesuaikan kondisi di lapangan.

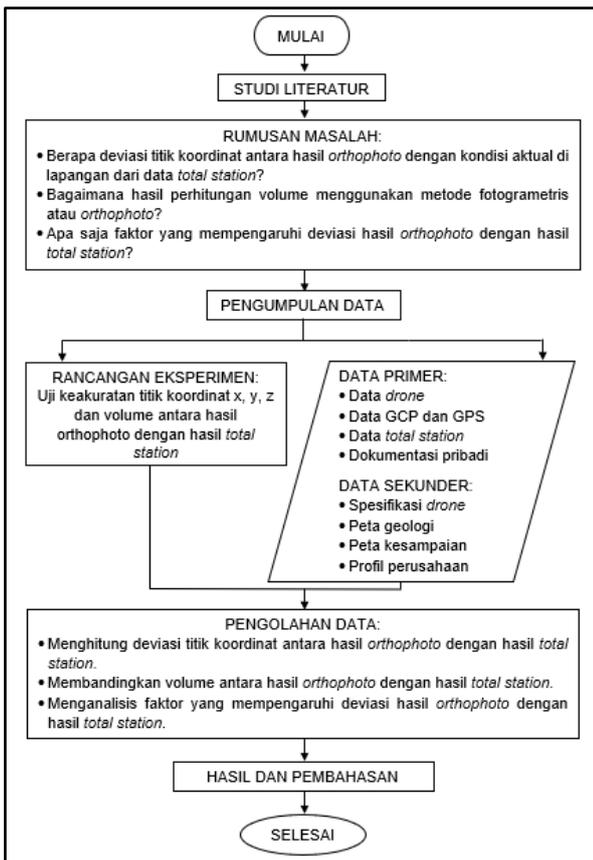
Pengambilan data dilakukan setiap minggu pada bulan Oktober dan November 2022, namun pada minggu ke tiga bulan Oktober dan November tidak dilakukan pengambilan data dikarenakan terkendala cuaca. Adapun data *drone* yang didapatkan adalah berupa foto yang kemudian dilakukan pengolahan data lebih lanjut menjadi *orthophoto*. Pada gambar-2 merupakan salah satu hasil dari proses *orthophoto* dengan sebaran GCP pada minggu pertama bulan oktober.

Hasil dari pengolahan data foto udara dengan menggunakan komputer dengan *software Pix4dmapper* kemudian dilakukan pengujian akurasi titik sampel dengan melakukan perhitungan dan perbandingan deviasi titik koordinat. Selanjutnya dilakukan perhitungan dan perbandingan volume area perubahan *seam c*, dimana pengolahan data uji akurasi titik koordinat serta volume menggunakan komputer dengan *software surpac*. Cara analisis data yang digunakan yaitu kuantitatif, kualitatif dan deskriptif.

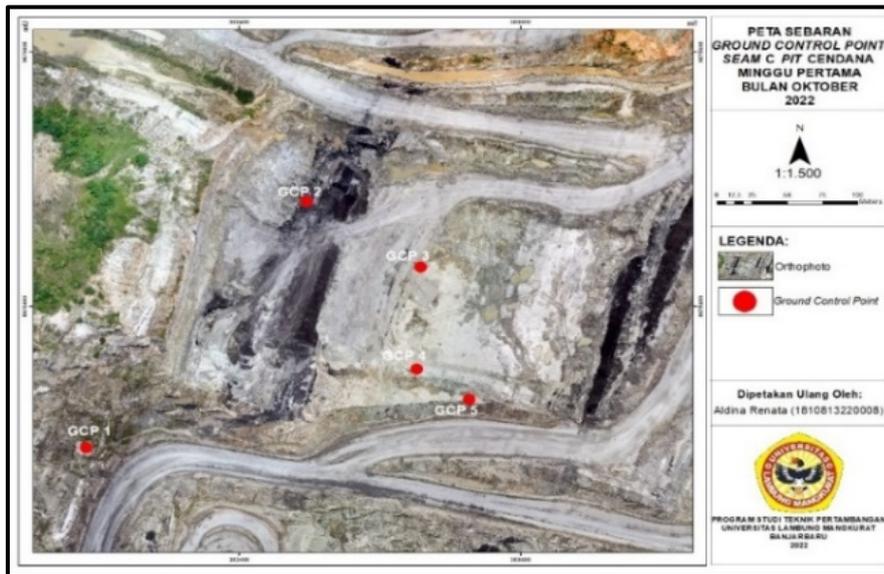
Data *total station* yang digunakan sebagai pembanding adalah data pada minggu yang sama yaitu pada bulan Oktober dan November 2022 menyesuaikan data *drone* yang diambil. Pada gambar-3 merupakan salah satu peta situasi *total station* yang digunakan sebagai data pembanding.

Adapun data foto *drone* dan *total station* yang telah dikumpulkan akan dilakukan pengolahan dan analisis data lebih lanjut untuk mendapatkan hasil *orthophoto* dan analisis deviasinya. Pada gambar-4 adalah peta hasil *orthophoto* dan peta situasi dari *total station* yang ditampilkan, yang kemudian diberi titik-titik sampel untuk dilakukan uji akurasi koordinatnya.

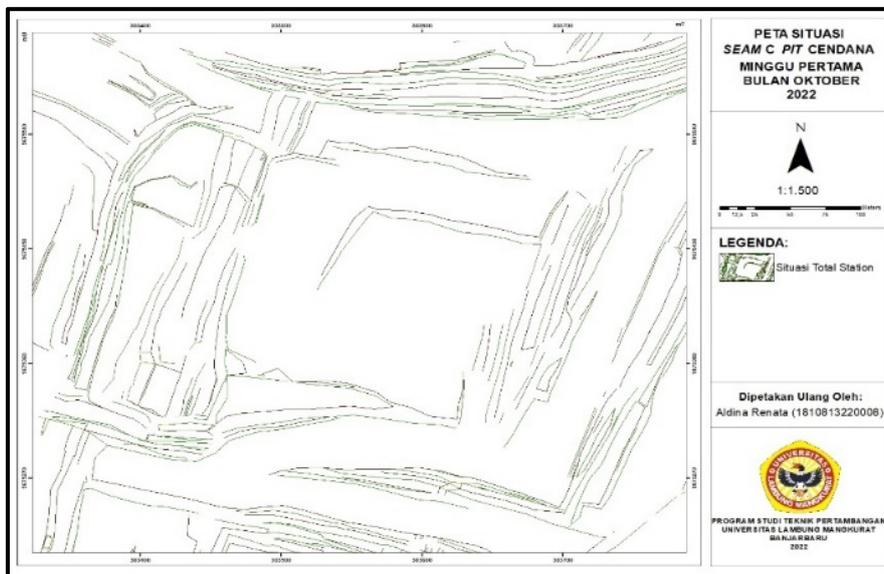
Dari pengolahan data didapatkan hasil berupa data deviasi koordinat dan deviasi perhitungan volume. Berikut data deviasi koordinat antara *orthophoto* dan *total station* dapat dilihat pada Tabel-1. Pada Tabel-1 dapat dilihat hasil perbedaan titik koordinat x hasil *orthophoto* terhadap titik koordinat x dari *total station*. Dimana nilai rata-rata deviasi terendah didapatkan pada minggu keempat bulan November yaitu sebesar 1,53 m dan nilai rata-rata deviasi tertinggi didapatkan pada minggu kedua bulan Oktober yaitu sebesar 4,06 m.



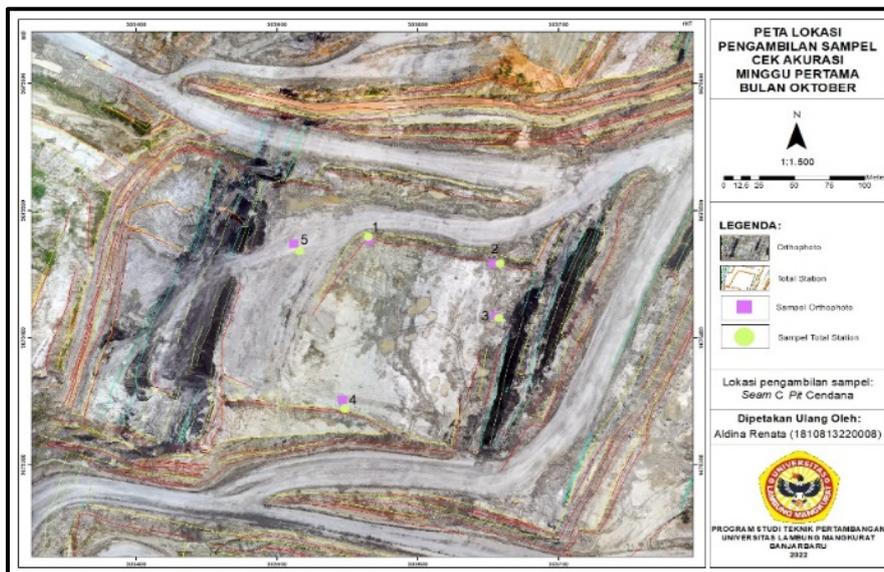
Gambar-1. Diagram alir



Gambar-2. Orthophoto sebaran GCP minggu ke-1 Oktober



Gambar-3. Peta situasi data TS minggu ke-1 Oktober



Gambar-4. Akurasi orthophoto dan total station minggu ke-1 Oktober

Tabel-1. Deviasi koordinat X

DEVIASI X						
Sampel	OKTOBER			NOVEMBER		
	Minggu 1 (m)	Minggu 2 (m)	Minggu 4 (m)	Minggu 1 (m)	Minggu 2 (m)	Minggu 4 (m)
1	0,76	5,64	8,17	0,82	0,80	0,40
2	4,67	5,08	1,68	3,74	4,35	1,06
3	2,52	4,53	3,12	0,25	3,26	1,90
4	3,64	2,34	2,28	5,04	2,00	1,55
5	1,67	2,73	2,47	1,29	5,34	2,74
Rata-rata	2,65	4,06	3,55	2,23	3,15	1,53

Tabel-2. Deviasi koordinat Y

DEVIASI Y						
Sampel	OKTOBER			NOVEMBER		
	Minggu 1 (m)	Minggu 2 (m)	Minggu 4 (m)	Minggu 1 (m)	Minggu 2 (m)	Minggu 4 (m)
1	2,57	4,59	2,03	9,33	1,62	1,84
2	0,23	0,45	4,26	9,46	7,11	0,75
3	1,74	2,60	2,68	4,90	3,26	2,30
4	5,77	0,85	0,37	6,77	0,36	0,24
5	7,01	0,42	0,54	2,79	3,67	7,58
Rata-rata	3,47	1,78	1,98	6,65	3,20	2,54

Tabel-3. Data deviasi koordinat Z

DEVIASI Z						
Sampel	OKTOBER			NOVEMBER		
	Minggu 1 (m)	Minggu 2 (m)	Minggu 4 (m)	Minggu 1 (m)	Minggu 2 (m)	Minggu 4 (m)
1	4,69	1,10	3,36	1,19	0,57	0,21
2	0,45	0,13	0,15	0,50	1,11	1,80
3	0,53	0,03	2,47	3,71	0,79	0,39
4	0,83	1,41	0,15	2,78	0,27	0,75
5	0,23	1,26	0,17	1,10	4,42	0,12
Rata-rata	1,35	0,79	1,26	1,86	1,43	0,65

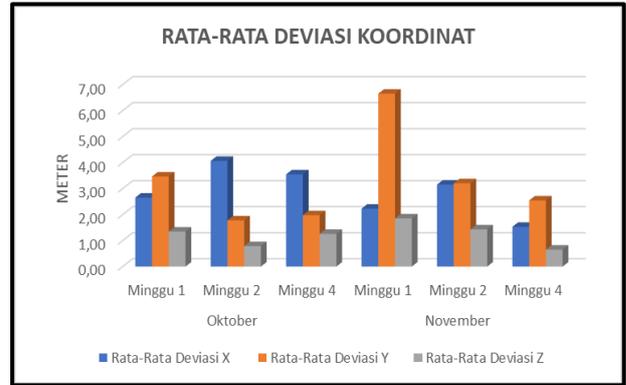
Pada tabel-2 dapat dilihat hasil perbedaan titik koordinat y hasil *orthophoto* terhadap titik koordinat y dari *total station*. Dimana nilai rata-rata deviasi terendah didapatkan pada minggu kedua bulan Oktober yaitu sebesar 1,78 m dan nilai rata-rata deviasi tertinggi didapatkan pada minggu pertama bulan November yaitu sebesar 6,65 m.

Pada tabel-3 dapat dilihat hasil perbedaan titik koordinat z hasil *orthophoto* terhadap titik koordinat z dari *total station*. Dimana nilai rata-rata deviasi terendah didapatkan pada minggu keempat bulan November yaitu didapatkan pada minggu pertama bulan November yaitu sebesar 1,86 m.

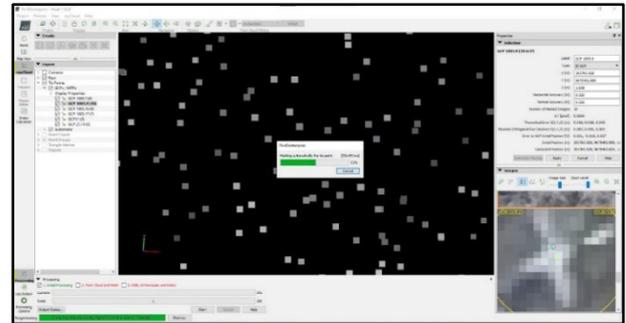
Pada gambar-5 dapat dilihat bahwa deviasi koordinat x terbesar terdapat pada minggu kedua bulan Oktober yaitu sebesar 4,06 m dan deviasi koordinat x terkecil terdapat pada minggu keempat bulan November yaitu sebesar 1,53 m. Selain itu pada tabel diatas juga dapat dilihat bahwa deviasi koordinat y terbesar terdapat pada minggu pertama bulan November yaitu sebesar 6,65 m dan deviasi koordinat y terkecil terdapat pada minggu kedua bulan Oktober yaitu sebesar 1,78 m. Dan pada tabel diatas juga dapat dilihat bahwa deviasi koordinat z terbesar terdapat pada minggu pertama bulan November yaitu sebesar 1,86 m dan deviasi koordinat terkecil terdapat pada minggu keempat bulan November yaitu sebesar 0,65 m.

Nilai koordinat x,y dan z antara hasil dari *orthophoto* dan hasil dari *total station* memiliki nilai yang berbeda-beda dimana terdapat nilai yang terbesar dan juga nilai yang terkecil. Jika berpaku pada teori dasarnya bahwa semakin banyak jumlah titik GCP maka kualitas atau akurasi akan semakin baik. Namun nilai deviasi terbesar dan terkecil tersebar secara acak dan tidak berada pada minggu yang sama serta tidak selaras dengan teori tersebut.

Kemudian ditinjau dari faktor lainnya seperti pada saat pengambilan data hingga pengolahan data ada beberapa hal yang berpengaruh dalam hasil deviasi koordinat tersebut diluar dari teori yang beredar selama ini.



Gambar-5. Grafik rata-rata deviasi koordinat



Gambar-6. Pemilihan titik GCP di Pix4dmapper

Untuk pengambilan data foto udara dilakukan dengan manual tanpa *project* menggunakan aplikasi *DJI GO* di handphone. Data foto udara diambil pada ketinggian terbang *drone* 230 meter diatas permukaan tanah saat pertama kali diterbangkan, tinggi terbang *drone* yang cukup tinggi membuat foto udara yang dihasilkan memiliki kualitas kurang baik. Hal ini dapat menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi nilai deviasi koordinat.

Kemudian jika dianalisis faktor lainnya pada saat pengambilan data adalah dari ukuran GCP yang cukup kecil dengan hanya menggunakan pita kecil berwarna putih dengan ukuran lebar pita 2 cm dibuat jadi 2 baris pita dan disilangkan membentuk tanda silang. Dengan ukuran GCP yang cukup kecil mempersulit pemilihan titik GCP pada saat pengolahan foto udara menjadi *orthophoto* di *software Pix4dmapper*. Jadi dapat disimpulkan bahwa GCP mempengaruhi pengolahan data.

Pada gambar-6 dapat terlihat proses pemilihan titik GCP di *Pix4dmapper*, dimana pada bagian kanan bawah layar adalah kumpulan foto udara yang memiliki titik GCP didalamnya. Foto udara pada bagian bawah layar adalah hasil dari foto udara yang telah diperbesar untuk mengetahui letak GCP-nya. Hal ini mempengaruhi deviasi dikarenakan pada saat pemilihan titik GCP dapat terjadi pergeseran sehingga titik GCP tidak cukup akurat dan terjadi perbedaan titik koordinat x,y dan z antara *orthophoto* dan *total station*.

Faktor lain yang juga berpengaruh dalam nilai deviasi adalah *hardware PC* yang digunakan dalam pembuatan *orthophoto*. Dikarenakan kualitas *orthophoto* yang dihasilkan tergantung pada saat proses pembuatan *orthophoto*, semakin bagus *hardware PC* yang digunakan dalam pembuatan *orthophoto* maka dapat semakin bagus kualitas *orthophoto* yang dihasilkan.

Pada gambar-7 adalah proses pada saat pembuatan *orthophoto* pemilihan kualitas *project* tergantung kualitas yang diinginkan dan menyesuaikan *hardware* dari *PC* yang

digunakan, pada penelitian ini kualitas yang digunakan adalah *Rapid 3D Maps-Rapid/Low/Res.*

Pada gambar-8 terlihat proses pembuatan *orthophoto* tahap 1, dimana pada tahap ini akan menentukan kualitas *orthophoto* yang dihasilkan. Dengan kualitas *keypoints image scale* yaitu $\frac{1}{2}$ (half image size) menyesuaikan *hardware* dari *pc* yang digunakan. Hal ini mempengaruhi kualitas dari *orthophoto* yang dihasilkan, karena tahap ini memungkinkan untuk menentukan ukuran gambar yang digunakan untuk mengekstrak titik kunci. Dimana opsi $\frac{1}{2}$ (half image size) biasa digunakan untuk proyek besar dengan tumpang tindih yang tinggi dan untuk mempercepat pemrosesan. Namun opsi ini akan menghasilkan akurasi yang sedikit berkurang karena lebih sedikit fitur yang diekstraksi.

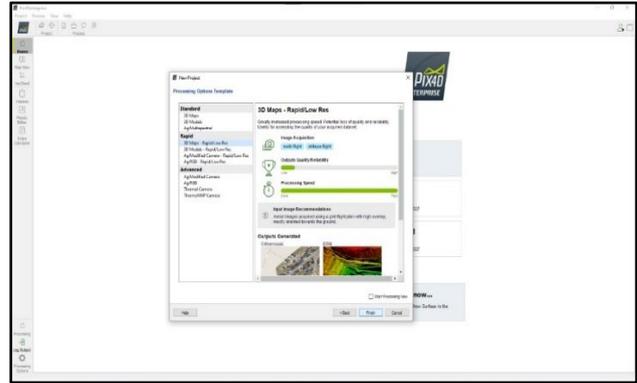
Pada gambar-9 merupakan proses pembuatan *orthophoto* tahap 2 dimana pada tahap ini *point cloud* digunakan untuk mengatur parameter untuk pepadatan awan titik. Dengan skala gambar berdampak pada jumlah titik 3D yang dihasilkan. Kemudian untuk *point density* juga akan diatur sesuai dengan yang diinginkan, tentu saja menyesuaikan *hardware* dari *pc* yang digunakan sehingga juga mempengaruhi dalam deviasi.

Adapun faktor lainnya adalah pada saat pengolahan *point cloud* di *software Cloud compare*. Dimana pada saat pengolahan *point cloud* ini kerapatan *point cloud* disini di *subsample* menjadi lebih renggang sehingga menyebabkan berkurangnya akurasi dari *orthophoto* ketika dimasukkan ke *software surpac*.

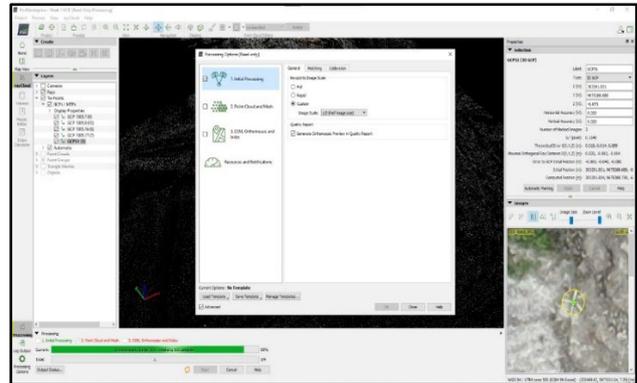
Jadi dapat disimpulkan dari hasil analisis faktor yang mempengaruhi deviasinya adalah ketinggian terbang *drone* dalam mengambil foto sehingga foto yang dihasilkan kurang baik, *hardware PC* yang digunakan dalam pembuatan *orthophoto* yang nantinya juga akan mempengaruhi hasil *orthophoto* yang dihasilkan, serta pemrosesan *point cloud* di *software Cloud compare* yang akan mempengaruhi titik-titik keakurasian ketika dimasukkan ke *software surpac*. Adapun faktor lainnya adalah ukuran GCP yang cukup kecil sehingga mempersulit saat memilih titik GCP pada proses pembuatan *orthophoto* tidak cukup akurat dan mengalami pergeseran titik sehingga pergeseran inilah yang menyebabkan terjadinya deviasi antara koordinat x,y dan z.

Perhitungan volume dilakukan untuk mengetahui perbedaan hasil antara data *orthophoto* dengan data dari *total station*, perhitungan volume ini hanya menghitung area yang berubah saja secara umum. Data *total station* juga digunakan dalam perhitungan volume dikarenakan data yang dihasilkan *total station* sudah memenuhi ketelitian yang dibutuhkan perusahaan. Untuk mendapatkan volume perubahan area *seam c* dapat dilakukan dengan cara membandingkan data permukaan situasi awal dengan data minggu berikutnya dengan menggunakan data *total station* pada minggu keempat bulan september 2022 sebagai data base perhitungan volumenya baik untuk perhitungan dari *orthophoto* maupun dari *total station*, dimana perhitungannya sendiri telah di tetapkan areanya dengan *boundary*.

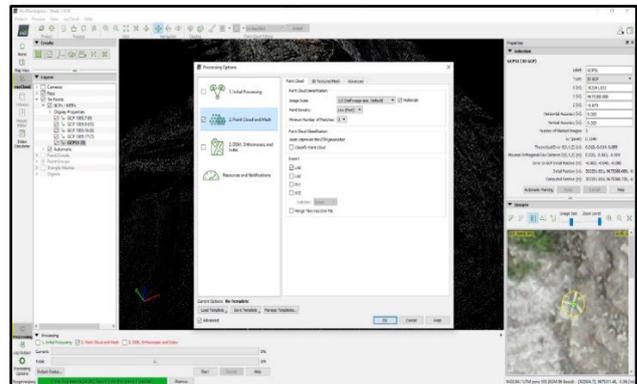
Kemudian untuk perhitungan volume area perubahan *seam c* digunakan *boundary* yang sama setiap minggunya dengan luasan area $\pm 63.316,43 \text{ m}^2$. Pada gambar-10 adalah contoh peta *orthophoto* dan *total station* yang ditampilkan dan di berikan *boundary* area perhitungan volume.



Gambar-7. Pemilihan kualitas *project* di *Pix4dmapper*



Gambar-8. Proses pembuatan *orthophoto* tahap pertama

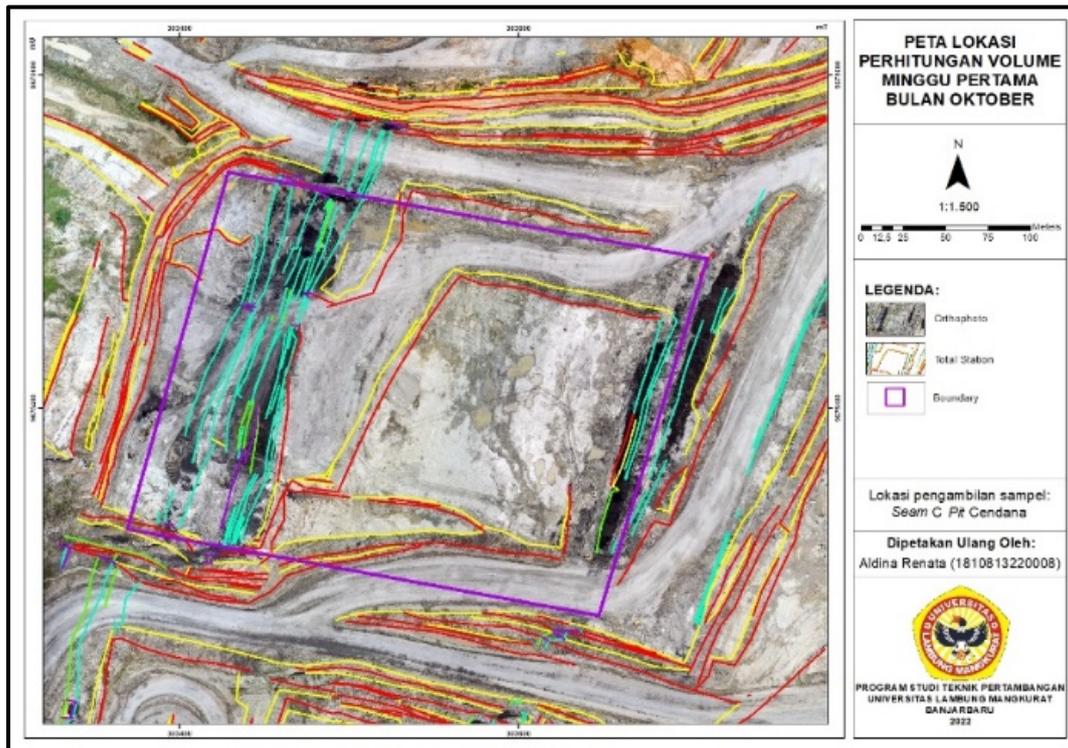


Gambar-9. Proses pembuatan *orthophoto* tahap 2

Tabel-4. Deviasi volume area berubah

Bulan	Minggu	Volume Drone (bcm)	Volume TS (bcm)	Deviasi Volume (bcm)
Oktober	Minggu 1	88.502,30	88.419,54	82,76
	Minggu 2	39.550,71	58.118,03	18.567,33
	Minggu 4	153.452,57	162.804,10	9.351,53
November	Minggu 1	86.603,63	121.633,38	35.029,75
	Minggu 2	140.324,05	116.646,92	23.677,13
	Minggu 4	155.267,32	121.754,51	33.512,81

Dari tabel-4 dapat dilihat bahwa deviasi nilai volume paling kecil terdapat pada minggu pertama bulan Oktober yaitu sebesar 82,76 bcm dan deviasi nilai volume terbesar terdapat pada minggu pertama bulan November yaitu sebesar 35.029,75 bcm. Perhitungan volume memiliki nilai deviasi yang sangat beragam dimana hal ini dapat terjadi karena adanya faktor yang mempengaruhi nilai deviasi yaitu adanya perbedaan titik koordinat x,y dan z antara hasil dari *orthophoto* dan *total station* sehingga terjadi perbedaan perhitungan volume antara hasil *orthophoto* dengan hasil dari *total station*.



Gambar-10. Peta perhitungan volume dari *orthophoto* dan *total station* minggu ke-1 Oktober

Selain itu jika nilai deviasi volume ini di hubungkan pada teori GCP dimana pada dasarnya semakin banyak jumlah titik GCP maka kualitas atau akurasi akan semakin baik, Maka teori ini selaras dengan penggunaan titik GCP pada penelitian dimana titik GCP yang digunakan memiliki jumlah dan sebaran yang beragam disetiap minggunya.

Pada nilai deviasi terbesar terdapat jumlah GCP sebanyak 5 buah namun dengan sebaran yang kurang merata dimana dari 5 buah GCP hanya 2 buah GCP yang berada dalam perhitungan *Boundary* dan 3 buah GCP lainnya berada diluar *Boundary*. Namun pada nilai deviasi terkecil terdapat jumlah GCP sebanyak 5 buah dengan sebaran GCP yang lebih baik yaitu sebanyak 4 buah GCP berada dalam *boundary* dan hanya 1 buah GCP yang berada diluar *Boundary* perhitungan volume. Maka disimpulkan faktor lainnya yaitu adanya persebaran GCP yang kurang merata juga mempengaruhi hasil perhitungan volume dimana persebaran GCP lebih merata memiliki nilai deviasi lebih kecil.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian didapatkan rata-rata deviasi koordinat x, y dan z yaitu sebagai berikut:
 - Nilai deviasi terkecil pada koordinat x terdapat pada minggu keempat bulan November sebesar 1,53 m dan nilai deviasi terbesar pada koordinat x terdapat pada minggu kedua sebesar 4,06 m.
 - Nilai deviasi terkecil pada koordinat y terdapat pada minggu kedua bulan Oktober sebesar 1,78 m dan nilai deviasi terbesar pada koordinat y terdapat pada minggu pertama November sebesar 6,65 m.

- Nilai deviasi terkecil pada koordinat z terdapat pada minggu keempat bulan November sebesar 0,65 m dan nilai deviasi terdapat pada minggu pertama November sebesar 1,86 m.
2. Pada perhitungan volume terdapat deviasi antara hasil *orthophoto* dan hasil dari *total station* dimana nilai deviasi volume terkecil terdapat pada minggu pertama Oktober sebesar 82,76 bcm dan nilai deviasi volume terbesar terdapat pada minggu pertama November sebesar 35.029,75 bcm.
 3. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi nilai deviasi baik deviasi koordinat maupun deviasi volume yaitu:
 - Nilai deviasi koordinat dipengaruhi oleh ketinggian terbang *drone* dalam mengambil foto, *hardware PC* yang digunakan dalam pembuatan *orthophoto*, serta pemrosesan point cloud di *software Cloud compare*, ukuran GCP yang cukup kecil dan pemilihan titik GCP pada saat pembuatan *orthophoto*.
 - Nilai deviasi volume dipengaruhi oleh faktor adanya perbedaan titik koordinat x,y dan z antara hasil *orthophoto* dan hasil *total station* serta distribusi persebaran GCP-nya.

Adapun saran dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut yaitu:

- Sebaiknya *ground control point* dipasang pada setiap elevasi agar setiap elevasi terwakili dan perhitungan dapat lebih akurat. Hal ini dikarenakan pada perhitungan volume saat penelitian dengan titik GCP yang berbeda-beda memiliki volume yang berbeda juga.
- Sebaiknya ketinggian terbang *drone* tidak terlalu tinggi agar foto yang dihasilkan lebih detail dan GCP dapat terlihat dengan jelas.
- Sebaiknya warna GCP pada daerah yang berwarna putih menggunakan pita berwarna merah atau kuning agar

GCP lebih mudah ditemukan pada saat proses pembuatan *orthophoto*.

- Sebaiknya ukuran GCP lebih diperbesar lagi agar titik GCP pada foto terlihat jelas di foto sehingga memudahkan operator *orthophoto* dalam menentukan titik GCP pada foto.
- Sebaiknya sebaran GCP lebih merata dengan menambahkan GCP sebanyak 4 titik diluar daerah yang akan dioetakan untuk membingkai daerah tersebut sehingga meminimalisir pergeseran titik koordinat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua yang telah memberi dukungan dalam bentuk finansial, fasilitas, atau legalitas terhadap penelitian ini. Serta meminta maaf apabila ada kesalahan dalam penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat berguna bagi pembaca dan dapat dikembangkan lagi untuk penenlitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Putrawan, E-Modul Geografi Kelas X, Semarang: Kementrian Pendidikan Dan Kebudayaan, 2019.
- [2] A. Dani, dkk, Laporan Praktikum Fotogrametri Dasar Pengamatan Paralaks Stereoskopis, Padang: Institut Teknologi Padang, 2017.
- [3] C. P. L. S. d. M. A. Natar, "Analisis Akurasi Model 3 Dimensi Bangunan Dari Foto Secara Tegak Dan Miring," *Jurnal Geodesi Universitas Diponegoro*, vol. 1, no. 9, p. 356, 2020.
- [4] A. R. A. Amin, Optimasi Sebaran Titik GCP Dan ICP Pada Proses Ortorektifikasi Citra Resolusi Tinggi Untuk Pembuatan Peta Skala 1:5.000, Surabaya: Jurusan Teknik Geomatika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh November, 2017.
- [5] F. L. Y. P. d. A. S. Pamungkasari, "Analisis Konfigurasi Optimum Kerangka GCP Untuk Survei Pemetaan Luasan Besar Menggunakan Unmanned Aerial Vehicle (Uav)," *Jurnal Geodesi Universitas Diponegoro*, 2019.
- [6] Y. B. d. R. A. Mohammad Basyuni, Mengenal Drone Dalam System Informasi Geografis Dan Aplikasinya Dalam Penelitian Kehutanan, Medan: USUpres, 2021.
- [7] Y. R. Basuki, Dasar Survei Dan Pemetaan, Malang: Azhar Publisher, 2020.
- [8] Suhadi, " Analisis Pengaruh Sebaran GCP (ground control point) Terhadap Akurasi Hasil Orthophoto Di pit Cendana Pt Kalimantan Prima Persada Site PT Bhumi Rantau Energi Kecamatan Bungur Kabupaten Tapin," Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, 2019.
- [9] H. Y. d. H. Halim, Buku Ajar Survey Dan Pemetaan, Yogyakarta: Deepublish, 2014.
- [10] B. S. Hadi, Dasar-Dasar Fotogrametri, Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Ilmu Sosial dan Ekonomi Universitas Negeri Yogyakarta, 2017.

