

Uji Ketelitian Tinggi Hasil Mosaik Orthophoto Kampus Politeknik Negeri Batam Dengan Pengukuran *Waterpass*

Yoni pangestu*, Farouki Dinda Rassarandi*

Politeknik Negeri Batam
Program Studi Teknologi Geomatika
Jalan Ahmad Yani, Batam Kota Batam 29461, Indonesia
E-mail: yonipangestu0706@gmail.com

Abstrak

Mosaik foto udara merupakan himpunan dari beberapa foto udara yang saling berhubungan satu sama lain, sehingga akan menampilkan kesatuan foto udara yang memiliki cakupan gambar secara lebih menyeluruh (Wolf, 1993). Mosaik foto udara sudah mengalami banyak perkembangan seiring dengan kemajuan teknologi. Mosaik foto udara secara otomatis atau digital merupakan wujud nyata dari perkembangan teknologi. Mosaik foto udara otomatis atau digital memiliki kelebihan dari cara pengoperasian yang mudah, dan waktu pengerjaan relatif singkat. Perkembangan teknologi fotogrametri banyak menciptakan metode dan *software* pendukung secara otomatis (Mabrur, 2019). Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai elevasi dari model mosaik orthophoto dan memperoleh nilai elevasi beda tinggi pada mosaik orthophoto dari hasil pemotretan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Untuk mengetahui apakah pemetaan bidang tanah menggunakan wahana UAV memenuhi standar ketelitian geometri dari BIG, maka perlu dilakukan pengujian mengenai ketelitian geometri pada pemetaan bidang tanah menggunakan wahana pesawat tanpa awak atau UAV. Pengujian ketelitian geometri dilakukan dengan berpedoman pada Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014. Dari pengujian yang dilakukan, seluruh orthofoto yang dihasilkan memenuhi standar ketelitian geometri peta RBI dimana nilai CL 90 sebesar 0,745. Berdasarkan hasil pengujian ketelitian geometris, semua orthofoto yang dihasilkan dari pengolahan foto udara menggunakan perangkat lunak *Agisoft PhotoScan* yang dilakukan dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai peta dasar karena memenuhi klasifikasi ketelitian geometri peta RBI skala 1 : 5.000 kelas 1 sesuai dengan Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014.

Abstract

Aerial photo mosaic study is a collection of several aerial photos that are interconnected with each other, so that it will display a unity of aerial photos that have a more comprehensive image coverage (Wolf, 1993). Aerial photo mosaics have undergone many developments along with technological advances. Automatic or digital aerial photo mosaics are a real manifestation of technological developments. Automatic or digital aerial photo mosaics have the advantage of easy operation and relatively short processing time. The development of photogrammetry technology has created many methods and supporting software automatically (Mabrur, 2019). The purpose of this study was to determine the elevation value of the orthophoto mosaic model and to obtain the elevation value of the height difference in the orthophoto mosaic from the results of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photography. To find out whether land area mapping using UAV vehicles meets the geometric accuracy standards of BIG or, it is necessary to test the geometric accuracy of land area mapping using unmanned aircraft or UAV vehicles. Geometric accuracy testing was conducted based on BIG Regulation Number 15 of 2014. From the tests conducted, all orthophotos produced met the geometric accuracy standards of the RBI map where the CL 90 value was 0.745. Based on the results of geometric accuracy testing, all orthophotos produced from aerial photo processing using *Agisoft PhotoScan* software conducted in this study can be used as base maps because they meet the geometric accuracy classification of the RBI map scale 1: 5,000 class 1 according to BIG Regulation Number 15 of 2014.

Keywords : Integrasi, *Orthophoto*, Beda Tinggi.

1. PENDAHULUAN

Mosaik foto udara merupakan himpunan dari beberapa foto udara yang saling berhubungan satu sama lain, sehingga akan menampilkan kesatuan foto udara yang memiliki cakupan gambar secara lebih menyeluruh. Mosaik foto udara sudah mengalami banyak perkembangan seiring dengan kemajuan teknologi, Mosaik foto udara secara otomatis atau digital merupakan wujud nyata dari perkembangan teknologi, Mosaik foto udara otomatis atau digital memiliki kelebihan dari cara pengoprasian yang mudah, dan waktu pengerjaan relatif singkat, Perkembangan teknologi fotogrametri banyak menciptakan metode dan *software* pendukung. Pemetaan menggunakan foto udara melalui beberapa tahapan antara lain, tahap persiapan (menentukan lokasi, mempersiapkan peralatan, mempersiapkan jalur terbang, dan tinggi terbang), tahap pelaksanaan yaitu melaksanakan pemotretan menggunakan *drone* atau wahana foto udara lainnya, dan tahap pengolahan foto udara yaitu menggabungkan foto udara dengan menggunakan *software* sehingga didapatkan sebuah hasil berupa mosaic, Mosaik foto udara sudah mengalami banyak perkembangan seiring dengan kemajuan teknologi. Mosaik foto udara secara otomatis atau digital merupakan wujud nyata dari perkembangan teknologi. Mosaik foto udara otomatis atau digital memiliki kelebihan dari cara pengoprasian yang mudah, dan waktu pengerjaan relatif singkat. Perkembangan teknologi fotogrametri banyak menciptakan metode dan *software* pendukung secara otomatis.

Dalam pengembangan proyek pemetaan di daerah perkotaan, ketelitian hasil mosaik orthofoto sangat penting. Pengukuran digunakan untuk mengevaluasi ketelitian hasil mosaik orthofoto dengan membandingkan elevasi sebenarnya dengan elevasi pada mosaik. Penelitian ini bertujuan untuk memahami tingkat ketelitian hasil mosaik orthofoto di daerah perkotaan, Ketelitian Geometri Peta Dasar diuji dengan mengikuti ketelitian Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) yang dikeluarkan melalui Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) No 15 Tahun 2014. Dikatakan memenuhi syarat jika *Circular Error* (CE90) dan *Linear Error* (LE90) mendapatkan tingkat kepercayaan 90% atau tidak lebih dari ketelitian yang sudah di tentukan sesuai skala foto yang dihasilkan.

1.1. RUMUSAN PENELITIAN

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini, sebagai berikut :

- a. Bagaimana mengekstraksi elevasi dari model Mosaik Orthofoto?
- b. Bagaimana hasil ketelitian tinggi orthofoto terhadap hasil pengukuran menggunakan alat pengukur beda tinggi ?

1.2. TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini, sebagai berikut :

- a. Untuk mengetahui elevasi dari model mosaik orthofoto.
- b. Untuk mengetahui analisis uji ketelitian geometri vertical pada orthofoto produk hasil pengolahan foto udara dengan skala 1: 5000 berdasarkan praturan kepala BIG no. 15 tahun 2014.

2. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

2.1. LANDASAN TEORI

a. Fotogrametri

Menurut (Suyudi, 2014) berdasarkan Perkumpulan Fotogrametri *Amerika American Society of Photogrammetry* (ASP), Fotogrametri didefinisikan sebagai seni, ilmu dan teknologi untuk memperoleh informasi terpercaya tentang objek fisik dan lingkungannya melalui proses perekaman, pengukuran dan interpretasi gambaran fotografik dan pola radiasi tenaga elektromagnetik yang terekam. Foto yang dimaksud disini adalah foto udara, yaitu rekaman dari sebagian permukaan bumi yang dibuat dengan menggunakan kamera yang dipasang pada wahana antara lain pesawat terbang. Perkembangan fotogrametri selanjutnya telah mengantarkan kepada pengertian fotogrametri yang dapat diberi makna lebih luas yakni fotogrametri merupakan ilmu pengetahuan dan teknologi pengolahan foto udara untuk memperoleh data dan informasi yang tepat untuk tujuan pemetaan dan rekayasa.

Kegiatan pemetaan secara fotogrametris yaitu menggunakan foto udara yang dilakukan selama puluhan tahun menyebabkan semakin berkembang pula peralatan dan teknik dalam pemetaan, diikuti dengan perkembangan fotogrametri yang akurat dan efisien, serta sangat menguntungkan didalam bidang pemetaan. Fotogrametri dapat dimanfaatkan untuk kegiatan pemetaan yang memerlukan ketelitian tinggi, sehingga perkembangan selanjutnya sebagian besar pemetaan topografi dan juga pemetaan persil dilakukan dengan menggunakan fotogrametri, 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. Pemetaan secara fotogrametrik tidak dapat lepas dari referensi pengukuran secara terestris, mulai dari penetapan *ground controls* (titik dasar kontrol) hingga kepada pengukuran batas tanah. Batas-batas tanah yang diidentifikasi pada peta foto harus diukur di lapangan.

b. Pesawat Tanpa Awak

Menurut Wolf dalam (Hamur, 2019) foto udara atau peta foto adalah Peta foto didapat dari survei udara yaitu melakukan pemotretan lewat udara pada daerah tertentu dengan aturan fotogrametris tertentu. Foto

udara format kecil, (FUFK) atau small format *aerial photograph* merupakan foto yang dihasilkan dari kamera dengan ukuran film atau frame sekitar 24 mm x 36 mm dengan panjang fokus 35 mm. Teknologi FUFK pada dasarnya adalah menghasilkan foto udara dengan menggunakan kamera non metrik atau kamera amatir (kamera yang tidak didesain untuk keperluan pemotretan udara) dan menggunakan pesawat ringan.

Foto udara diklasifikasikan sebagai foto udara tegak vertikal dan foto udara condong. Foto udara vertikal yaitu apabila sumbu kamera pada saat pemotretan dilakukan benar-benar vertikal atau sedikit miring tidak lebih dari 3° . sedangkan yang disebut dengan foto miring sekali dibuat dengan sumbu kamera yang sengaja diarahkan menyudut terhadap sumbu vertikal. Untuk foto miring, batasannya adalah antara kedua jenis foto tersebut. Secara umum foto yang digunakan untuk peta adalah foto tegak.

c. Design Jalur Terbang

Menurut Rosaji dalam (Meiarti, 2019) Perencanaan pemotretan udara merupakan hal penting yang akan mempengaruhi kualitas foto udara yang didapatkan. Perencanaan ini berupa spesifikasi output yang diinginkan/tujuan pemotretan, pengenalan karakteristik wilayah yang dipotret, pemilihan wahana, penggambaran jalur terbang, penentuan jumlah personal, estimasi waktu dan biaya.

Menurut Einsbein dalam (Hamur, 2019) dalam suatu pekerjaan fotogrametri memerlukan suatu rencana jalur terbang agar foto yang di hasilkan mempunyai kualitas yang baik. Proses pengambilan jalur terbang biasanya diambil jarak yang terpanjang untuk melakukan perekaman, hal ini untuk memperoleh kestabilan pesawat di saat pemotretan. Dalam mendesain jalur terbang di buat sepanjang garis yang sejajar untuk membuat foto yang bertampalan .

Area yang bertampalan *overlap*, merupakan daerah yang bertampalan antara foto satu dengan foto yang lainnya sesuai dengan nomor urutan jalur terbang. Besarnya tampalan antar foto tersebut umumnya sebesar 60%. Misalnya foto X1 memiliki informasi yang sama dengan foto X2 sebesar 60%. Tujuan dari tampalan ini adalah untuk menghindari daerah yang kosong disaat perekaman dikarenakan wahana pesawat terbang melaju dengan kecepatan yang tinggi. Selain *overlap* foto udara juga harus *sidelap*, Sidelap merupakan pertampalan antara foto udara satu dengan foto udara lain yang ada diatas maupun dibawah area yang direkam. *Sidelap* ini terjadi pada jalur terbang yang berbeda jadi suatu wilayah pada jalur terbang 1 yang telah direkam akan direkam kembali sebesar 25% dari liputan jalur terbang.

d. Titik Kontrol Tanah

Menurut Budiyanto dalam (Kurniawati, 2014)

Ground Control Point adalah suatu titik ikat lapangan yang mengarahkan citra pada lokasi sebenarnya di lapangan untuk membuat foto tegak. GCP terdiri dari sepasang koordinat x dan y yang terdiri atas koordinat sumber dan koordinat referensi diukur menggunakan GPS Geodetik di area yang akan difoto, Citra yang belum terkoreksi geometrik tidak memiliki GCP atau titik ikat lapangan. Citra yang seperti ini tidak dapat digunakan sebagai pemandu lapangan, karena tidak dapat menunjukkan posisi sebenarnya dimuka bumi. Citra yang belum terkoreksi geometrik ini perlu dilakukan koreksi dengan cara pemasangan titik ikat lapangannya. Pada citra yang telah memiliki GCP dapat diperoleh informasi kordinat piksel dan kordinat lapangan.

Ground Control Point (GCP) Sebagai tahap awal dalam melakukan kegiatan foto udara, diperlukan pembuatan GCP. GCP di buat dengan warna mencolok agar terlihat pada saat pengolahan foto di studio. Titik GCP berfungsi untuk proses orientasi relatif antar foto. Keberadaan retro dijadikan pendekatan posisirelative antar foto, Selain itu GCP di gunakan pula untuk mengkoreksi foto dari pemotretan udara. Fungsi GCP yang lain adalah menyatukan hasil olah data yang terpisah, misal olah data area A dan area B dengan cepat dan efektif, dari pada proses penyatuan berdasarkan seluruh *pointcloud*.

e. Alat Uur Beda Tinggi

Alat ukur beda tinggi memiliki Benang silang pada alat pengukur beda tinggi ke rambu ukur adalah sangat penting, dalam pembacaan tersebut dipengaruhi oleh ketegakan dan kemiringan rambu ukur itu sendiri. Untuk mendapatkan data yang mempengaruhi ketelitian hasil ukuran, dipakai acuan pada rambu ukur berupa alat model berupa busur sudut untuk mengetahui masing-masing kemiringan sudut pada rambu ukur (Haerunnas, 2019)

f. Poligon Terbuka

Menurut (Safrel, 2010) Poligon adalah rangkaian dari titik-titik yang membentuk segi banyak dan titik awal harus selalu diketahui nilainya, baik kedudukannya maupun rahnya. Besaran yang diukur dalam poligon adalah unsur-unsur setiap titik dan jarak di setiap dua titik yang berurutan. Rangkaian titik tersebut dapat dipergunakan sebagai kerangka peta dengan menentukan koordinat titik lapangan. yang dapat ditentukan dengan mengukur jarak ke arah titik kontrol yang diukur secara teliti. Untuk menentukan arah, salah satu sisi harus diketahui azimuthnya. Agar kedudukan titik yang dihitung koordinatnya berada dalam satu sistem dengan koordinat yang telah ada, maka perlu beberapa titik diikatkan pada jaringan poligon yang telah ada

Prinsipnya, pengukuran poligon terbuka sama dengan poligon tertutup, diukur sudut dan jarak, bila

perlu asimut kecuali pada poligon terbuka terikat sempurna karena pada poligon ini asimut / sudut jurusan dapat dihitung dari dua titik yang telah diketahui koordinatnya. Pengukuran sudut bisa dilakukan dengan cara seri rangkap. Kemudian sudut tiaptiap titik poligon itu dihitung dan dirata-ratakan. Demikian juga jaraknya dilakukan pengukuran secara pergi-pulang dan hasilnya diratakan. Data rata-rata inilah yang nantinya digunakan untuk penghitungan. Analisis data ukuran sebaiknya dilaksanakan sejak pengukuran dilakukan (Yasada, G., & Setyono, E. Y. 2020).

g. Mosaik Foto Udara

Menurut Suharsana dalam (Adi, 2017) Mosaik foto udara merupakan gabungan dari dua buah atau lebih foto udara yang saling bertampalan dan disusun sedemikian rupa sehingga terbentuk paduan gambar yang berkesinambungan. Pada foto udara digital, pembuatan mosaik sepenuhnya dilakukan pada sebuah komputer dengan bantuan perangkat lunak, mosaik foto udara memiliki banyak keunggulan sehingga dapat digunakan untuk pekerjaan perencanaan, pemetaan serta pekerjaan rekayasa lainnya. Semua perwujudan kritis yang dapat mempengaruhi pekerjaan foto udara di daerah tertentu dapat segera diinterpretasikan dan diperhitungkan, sehingga memudahkan dalam proses pengambilan keputusan.

h. Orthophoto

Menurut wolf dalam (kurniawati , 2014) Orthofoto adalah sebuah produk yang mempunyai kualitas udara dan ketelitian planimetrik sebuah peta. Menurut Atriyon dalam (Kurniawati, 2014) eda utama antara orthofoto dan peta adalah bahwa orthophoto terbentuk oleh objek sebenarnya, sedangkan peta menggunakan garis dan symbol yang digambarkan sesuai dengan skala untuk mencerminkan kenampakan obyek yang diukur. Orthofoto dapat digunakan sebagai peta untuk melakukan pengukuran langsung atas jarak, sudut, posisi, dan daerah tanpa melakukan koreksi bagi pergeseran letak gambar.

Keunggulan orthofoto dibandingkan dengan peta garis adalah bahwa orthofoto memiliki kualitas piktorial foto udara sehingga dapat dikenali dan diidentifikasi dengan baik. Lebih dari itu orthofoto memiliki ketelitian geometrik yang sangat baik sehingga pengukuran sudut atau jarak dapat di lakukan langsung diatas orthofoto seperti halnya pada peta garis. Perbedaan utama orthofoto dan peta garis adalah pada kenampakan gambarnya. Peta orthofoto terbentuk oleh kenampakan yang sesungguhnya, sedangkan peta garis menggunakan simbol garis untuk menyajikan kenampakan secara selektif.

i. Ketelitian Peta Dasar (perka BIG)

Menurut (Panjaitan, 2021) Ketelitian Geometri Peta Dasar Ketelitian peta orthofoto diuji dengan mengikuti ketelitian Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) yang dikeluarkan melalui Peraturan Kepala Badan

Informasi Geosparsial (BIG) No 15 Tahun 2014. Dikatakan memenuhi syarat jika *Circular Error* (CE90) dan *Linear Error* (LE90) mendapatkan tingkat kepercayaan 90 % atau tidak lebih dari ketelitian yang sudah di tentukan sesuai skala foto yang dihasilkan.

No.	Skala	Interval kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)
1.	1:1.000.000	400	200	200	300	300,00	500	500,00
2.	1:500.000	200	100	100	150	150,00	250	250,00
3.	1:250.000	100	50	50	75	75,00	125	125,00
4.	1:100.000	40	20	20	30	30,00	50	50,00
5.	1:50.000	20	10	10	15	15,00	25	25,00
6.	1:25.000	10	5	5	7,5	7,50	12,5	12,50
7.	1:10.000	4	2	2	3	3,00	5	5,00
8.	1:5.000	2	1	1	1,5	1,50	2,5	2,50
9.	1:2.500	1	0,5	0,5	0,75	0,75	1,25	1,25
10.	1:1.000	0,4	0,2	0,2	0,3	0,30	0,5	0,50

Table 1. ketelitian peta RBI

j. Root Mean Square Error (RMSE)

Menurut (Baskoro,2022) RMSE Merupakan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, di mana semakin kecil mendekati 0 nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat. RMSE adalah metode alternatif untuk mengevaluasi teknik peramalan yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi

Hasil prakiraan suatu model RMSE merupakan nilai rata-rata dari jumlah kuadrat kesalahan, juga dapat menyatakan ukuran besarnya kesalahan yang dihasilkan oleh suatu. model prakiraan. Nilai RMSE rendah menunjukkan bahwa variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan mendekati variasi nilai observasinya.

k. Uji Akurasi Vertikal

Pengujian ketelitian mengacu pada perbedaan koordinat (X, Y, Z) antara titik uji pada gambar atau peta dengan lokasi sesungguhnya dari titik uji pada gambar atau peta dengan lokasi sesungguhnya dari titik uji pada permukaan tanah. Pengukuran akurasi Menggunakan *root mean square error* (RMSE). Pada pemetaan dua dimensi yang perlu diperhitungkan adalah koordinat (X, Y) titik uji dan posisi sebenarnya di lapangan. Analisis akurasi posisi menggunakan *root mean square error* (RMSE), yang menggambarkan nilai perbedaan antara titik uji dengan titik sebenarnya. Nilai RMSE dirumuskan sebagai berikut:

$$RMSE\ vertikal = \sqrt{\frac{(ZDEM - Zcek)^2}{n}} \tag{Persamaan 1}$$

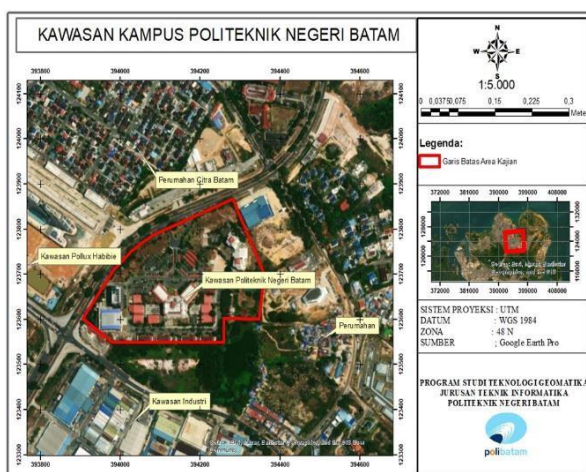
Dengan n adalah jumlah titik cek, D adalah selisi antara koordinat yang diukur di lapangan dengan koordinat pada foto, X adalah nilai koordinat pada sumbu X, Y adalah nilai koordinat pada sumbu Y dan Z adalah nilai koordinat pada sumbu Z. ketelitian vertikal dan LE90 untuk ketelitian vertikal, yang berarti bahwa kesalahan posisi peta dasar tidak melebihi nilai ketelitian tersebut dengan tingkat kepercayaan 90%. Nilai LE90 dapat diperoleh dengan rumus mengacu kepada standar sebagai-berikut US NMAS (*United States National Map Accuracy Standards*) sebagai berikut:

$$LE90 = 1,6499 \times RMSEz \dots \text{(Persamaan 2)}$$

RMSEz : *Root Mean Square Error* pada posisi z (vertikal).

2.2 LOKASI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada area kawasan kampus Politeknik Negeri Batam yang terletak di Kelurahan Teluk Tering, Kecamatan Batam Kota, Kota Batam, Kepulauan Riau. bulan November sampai dengan Desember 2023.



Gambar 1 .Peta Lokasi Penelitian

2.2. Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang di gunakan untuk melakukan penelitian tugas akhir ini adalah.

Perangkat Keras

- Laptop LENOVO (AMD Ryzen 3 4800H with Radeon Graphics 2.90 GHz)
- Drone DJI phantom 4 Pro
- Receiver GPS Geodetik SOKKIA GRX-3
- Controler SOKKIA SHC-500
- Water Pass
- Rambu ukur
- Pita ukur

Perangkat Lunak

- Microsoft Office Word 2019
- Microsoft Office Excel 2019
- Software Agisoft photoscan
- Software ArcMAP 10.8

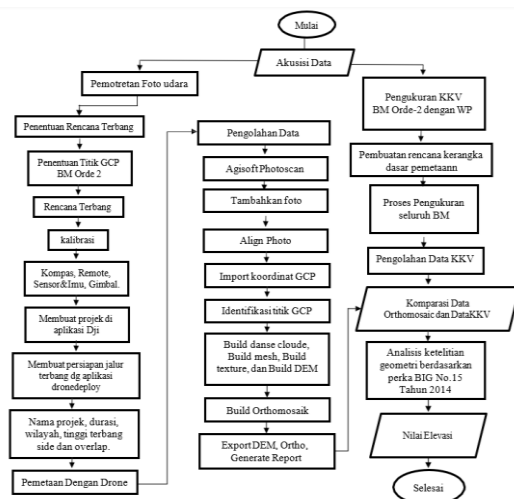
2.3. Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data primer yang bersumber dari data hasil foto udara Kawasan politeknik Negeri Batam dengan menggunakan drone phantom DJI 4 dan data primer dari pengukuran water

pass dengan metode poligon terbuka.

2.4. Tahapan Penelitian

Secara Garis besar tahapan penelitian dijabarkan seperti diagram alir di bawah ini.



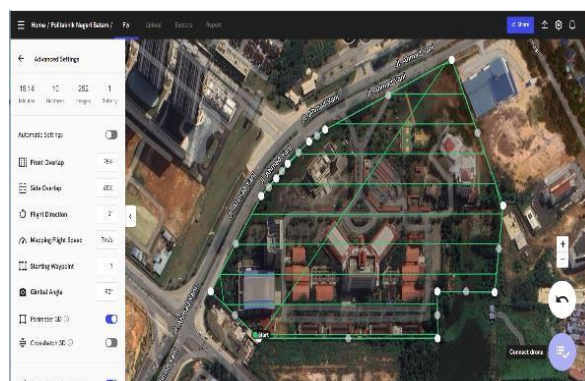
2.5. Survei Lokasi dan Penentuan Titik

Pada kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui lokasi yang akan dijadikan area penelitian serta untuk mengetahui batasan area yang akan dilakukan penelitian. Dalam hal ini dilakukan pula penentuan titik GCP pada 6 titik BM yang baru, Serta pembuatan rencana jalur terbang dimana total titik GCP 6 titik.

2.6. Pengambilan Data

a. Akuisisi data foto udara

Tahapan ini dilakukan pemotretan udara menggunakan drone DJI Phantom 4 Pro dengan teknik pengambilan data yaitu foto udara dengan posisi kamera tegak dengan luas area pemotretan Kawasan kampus PoliteknikNegeriBatam.



Gambar 2. Design Jalur Terbang

b. Pengukuran GPS Geodetik

Metode pengukuran yang digunakan adalah metode Statik untuk titik GCP / BM. Sebelum

pengukuran dilakukan pemilihan titik GCP/ BM
 Pemilihan titik GCP pada penelitian ini yaitu 6 titik
 BM baru yang ada di Kampus Politeknik Negeri Batam.
 Setelah pemilihan, dilakukan pengukuran GPS
 Geodetik dan ditempatkan di area yang tidak terhalang
 oleh obyek lain, seperti batang pohon maupun Semak.

c. Pengukuran beda tinggi

Pada kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui lokasi yang akan dijadikan area penelitian serta untuk mengetahui batasan area yang akan dilakukan penelitian. Dalam hal ini dilakukan pula penentuan titik GCP pada 6 titik BM yang baru, Serta pembuatan rencana jalur terbang dimana total titik GCP 6 titik.

Pada setiap pengukuran beda tinggi dilakukan dengan double stand, pengukuran bedatinggi dilakukan pergi-pulang dan selisih beda tinggi antara pergi pulang 2 mm. Batas toleransi kesalahan penutup beda tinggi maksimum 10 mm D ($D = \text{jumlah jarak dalam km}$). Pengukuran beda tinggi baik dalam poligon tertutup maupun terbuka terikat sempurna memiliki batas atau toleransi kesalahan penutup. Besarnya kesalahan penutup beda tinggi di batasi oleh ketentuan yang tercantum dalam spesifikasi dalam rencana awal, terdapat 6 titik BM yang akan di ukur beda tingginya menggunakan alat pengukur beda tinggi.



Gambar 3. Peta Sebaran Titik BM/GCP

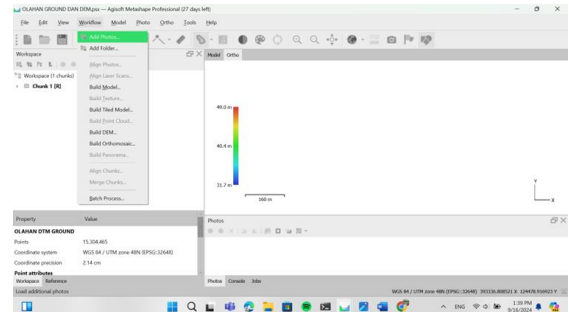
2.7. Pembentukan Orthofoto

Setelah melakukan pemotretan udara dan pengambilan data GM dan menyeleksi data hasil pemotretan, kemudian dilakukan pembentukan orthofoto. Dimana pembentukan Orthofoto ini menggunakan *software Agisoft photoscan*. Pada tahapan ini data foto diproses menggunakan perangkat lunak *Agisoft Photoscan* dengan jumlah data foto udara 311 foto menggunakan 6 titik BM untuk proses Ortorektifikasi.

Langkah-langkah pengolahan data foto udara menggunakan perangkat lunak *Agisoft Photoscan*, dijabarkan sebagai berikut:

a. Add fotos

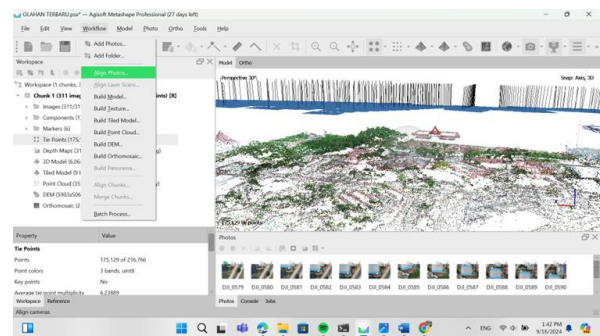
Tahap ini merupakan tahapan paling awal dalam memulai pemrosesan, dimana disini foto hasil pemotretan dibuka dalam *software agisoft Photoscan* dan direkonstruksi urutan umum foto menurut jalur terbang.



Gambar 4. Proses add fotos

b. Align Foto

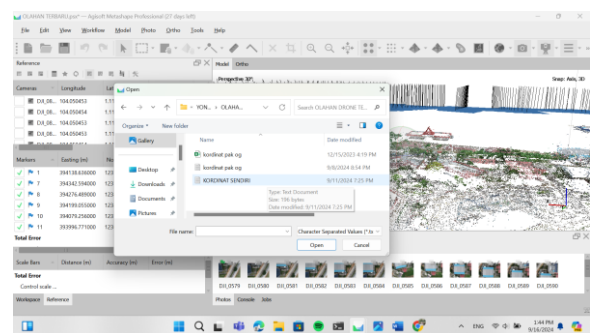
Pada kegiatan ini dilakukan untuk Aligan foto merupakan tahapan titik-titik yang sama pada foto. Proses ini akan membuat matching point dari 2 atau lebih foto. Proses ini dapat menghasilkan 3D model awal, posisi kamera dan *sparse point clouds* yang akan digunakan pada tahap selanjutnya.



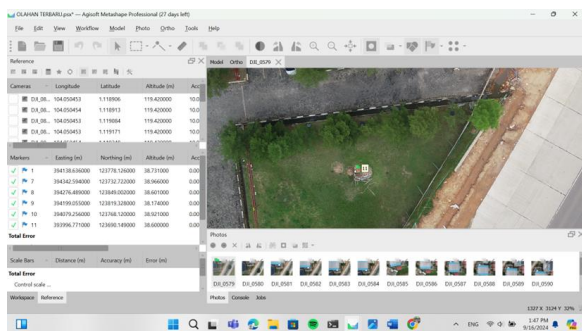
Gambar 5. Proses align Foto

c. Import Koordinat GCP dan Identifikasi Titik GCP

Import GCP dilakukan untuk memberi referensi koordinat X,Y,Z terhadap proses aligan photos, sehingga DEM dan orthofoto yang di bentuk dapat diperbaiki kualitas geometriky. Untuk memperoleh orthofoto yang akurat, dianjurkan untuk menggunakan GCP yang diperoleh dari pengukuran menggunakan GPS Geodetik.



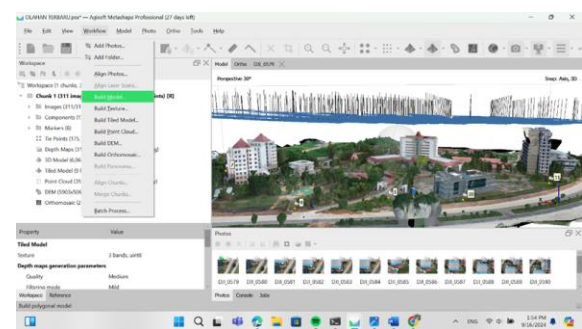
Gambar 6. Proses pengimporan foto



Gambar 7. Proses Identifikasi Kordinat

d. *Build Mesh*

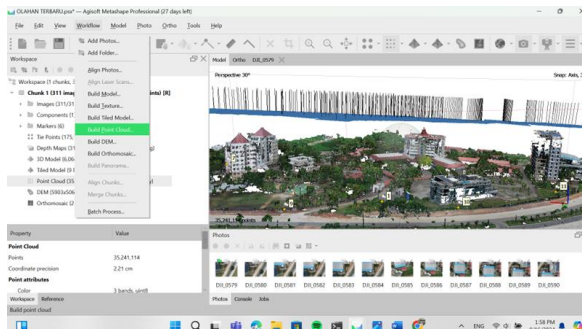
Build Mesh merupakan proses membangun model 3D dalam *agisoft*. Model tiga dimensi nantinya akan digunakan untuk proses pembentukan Orthofoto.



Gambar 8. Proses *Build Mesh*

e. *Point Cloud*

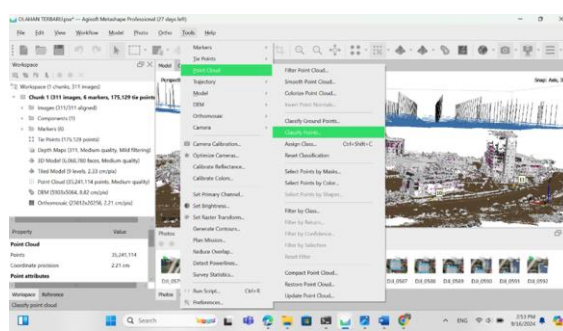
Point Cloud merupakan proses interpolasi titi-titik yang masi renggang pada hasil align photosbagar membuat objek yang berupa *point clouds*.



Gambar 9. Proses *Point Cloud*

f. *Classification Point Cloud*

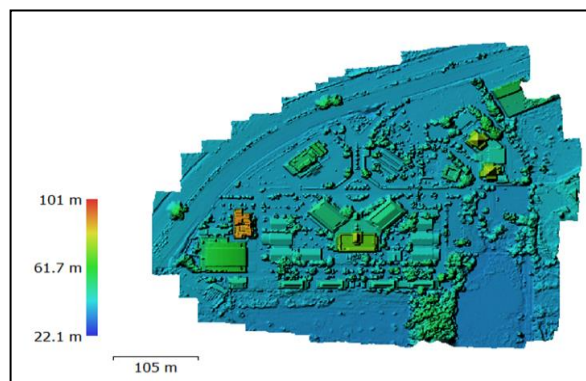
Proses angka pemisah atau memilih jenis objek apa saja yang akan di rekontruksi, misalnya pembuatan Mesh berdasarkan *ground points* saja untuk pembuatan DTM (*Digital Terrain Model*). Prosedur Klasifikasi otomatis terdiri dari dua langkah. Pada langkah pertama, *points cloud* dibagi menjadi sel-sel dengan ukuran tertentu. Di setiap sel titik terendah terdeteksi.



Gambar 10. Clasifikasi Point

g. *Digital Surface Model*

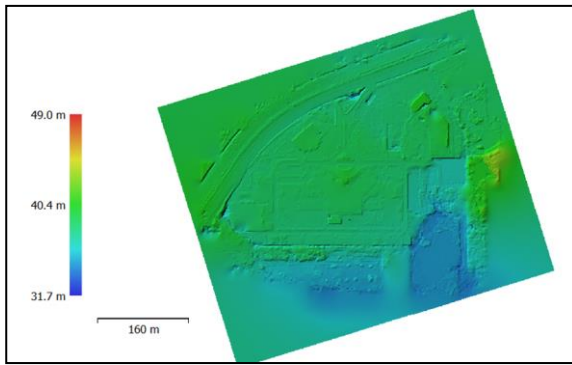
DEM yang dihasilkan merupakan representasi pada permukaan bumi tiga dimensi dari data ketinggian pada permukaan suatu area dapat terlihat jelas Masih memperlihatkan objek diatas tanah seperti perumahan, jalan, bangunan, aliran sungai dan vegetasi yang merupakan objek memiliki ketinggian.



Gambar 11. Proses pembentukan *digital surface*

h. *Digital Terrain Model*

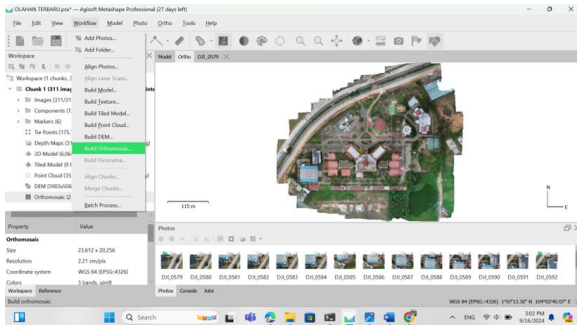
DEM masih terlihat objek karena digunakan untuk memberikan gambaran topografi yang lebih detail dan akurat, DEM yang digunakan masih berupa DSM sehingga mempengaruhi permukaan DEM yang dihasilkan. Maka perlu dilakukan filtering menjadi DTM sehingga dapat terbebas dari objek yang berada diatas permukaan tanah. Digital Terrain Model adalah pemodelan permukaan tanah tidak termasuk dari objek-objek di atas permukaan tanah secara tiga dimensi. Dengan kata lain DTM adalah bentuk kontur yang dibuat secara tiga dimensi. Bentuk dari DTM ini tergantung dari banyaknya data dan jarak antara data yang satu dengan yang lainnya.



Gambar 12. Proses DSM menjadi DTM

i. Build Orthomosaic

Build Orthomosaic Orthofoto adalah foto udara yang telah dikoreksi kesalahan geometriaknya menggunakan data DEM dan data GCP sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan pemetaan. Orthofoto dapat dibentuk setelah tahap pembuatan Build Mesh selesai.



Gambar 13. Proses pembentukan Orthophoto

2.8. Pengukuran Data beda tinggi

Pengambilan data beda tinggi dimulai dari mendirikan alat di antara 2 titik yang akan di ambil elevasinya jarak titik a ke titik b tidak boleh melebihi dari 60 meter, jika melebihi itu maka akan di buatkan titik bantu yaitu Jalon atau titik bantu, dimulai dari titik BM 11,10,2,9,8 dan 7 untuk pengukuran polygon terbuka pergi maka sebaliknya untuk pengukuran pulang jadi disini terdapan 2 pengukuran pulang dan pergi berikut Contoh perhitungan titik BM11 ke target Tb 1 Perhitungan beda tinggi pembacaan BA dan BB juga untuk kontrol pembacaan benang tengah (BT) dimana seharusnya $BT = \frac{1}{2} (BA+BB)$ Keterangan :

$BA =$ Benang atas
 $BB =$ Benang bawah
 $BT =$ Benang Tengah (Persamaan 3)
 $= (Ba + Bb) / 2 = Bt$
 $= (1,500 + 1,230) / 2$
 $= 1,365 \text{ m}$

Jika pengukuran masuk dalam toleransi (TOR) / Delta H yang di inginkan baru bisa melanjutkan ke pengukuran selanjutnya begitu pula seterusnya di

setiap titik yang akan di ukur.

No	Titik	Pergi			ΔH	Jarak Muka (m)	Jarak Belakang (m)	Koreksi (m)	ΔH terkoreksi (m)	TOR (%)	Total Jarak
		BA	BB	BT							
1	BM11	1500	1230	1365	-0,072	27	27	-0,0220	-0,050	0,000%	54,0
2	Tb1	1420	1124	1272	0,457	29,6	29,6	-0,0241	0,481	0,000%	59,2
3	BM10	800	504	652	-0,348	29,6	29,6	-0,0241	-0,324	0,000%	59,2
4	BM11	1500	1230	1365	-0,572	29	29	-0,0236	-0,548	0,000%	58,0
5	BM10	1415	1125	1270	0,040	28	28	-0,0224	0,062	0,000%	55,0
6	BM11	1440	1125	1283	0,239	11,4	11,4	-0,0093	0,308	0,000%	22,8
7	BM10	1340	1040	1190	0,378	30	30	-0,0245	0,402	0,000%	60,0
8	Tb2	1360	1060	1210	-0,347	29	29	-0,0236	-0,323	0,000%	58,0
9	Tb4	576	750	613	-0,413	12,6	12,6	-0,0103	-0,403	0,000%	25,2
10	BM7	1235	1110	1172	-0,184	22,2	22,2	-0,0074	-0,177	0,000%	44,4
Jumlah					-0,184	22,2	22,2	-0,0074	-0,177	0,000%	44,4

Gambar 14. Data Pengukuran Pergi

No	Titik	Pulang			ΔH	Jarak Muka (m)	Jarak Belakang (m)	Koreksi (m)	ΔH terkoreksi (m)	TOR (%)	Jarak Total
		BA	BB	BT							
1	BM11	1500	1230	1365	-0,072	27,5	27	-0,0556	-0,100	-0,000%	54,5
2	Tb1	1420	1124	1272	0,457	29,2	29,8	-0,0710	0,527	0,000%	59
3	BM10	800	504	652	-0,348	29	29,5	-0,0704	-0,318	0,000%	58,5
4	BM11	1500	1230	1365	-0,572	29	30	-0,0710	-0,489	0,000%	59
5	BM10	1415	1125	1270	0,040	30,5	9,5	-0,0481	0,347	-0,000%	40
6	Tb2	1360	1060	1210	-0,347	11	11,3	-0,0268	-0,275	0,000%	24,3
7	BM11	1440	1125	1283	0,239	11,4	11,3	-0,0093	0,299	0,000%	24,7
8	BM10	1340	1040	1190	0,378	29,2	29,8	-0,0710	0,464	0,000%	59
9	Tb3	1360	1060	1210	-0,347	29	29,5	-0,0708	-0,352	0,000%	58,5
10	Tb4	576	750	613	-0,393	12,6	12,6	-0,0302	-0,323	-0,000%	25,2
Jumlah					-0,177	22,2	22,2	-0,0074	-0,177	0,000%	44,4

Gambar 15. Data Pengukuran Pulang

2.8. Pengolahan beda tinggi

Prinsipnya, pengukuran poligon terbuka sama dengan poligon tertutup, diukur sudut dan jarak, bila perlu asimut kecuali pada poligon terbuka terikat sempurna karena pada poligon ini asimut / sudut jurusan dapat dihitung dari dua titik yang telah diketahui koordinatnya, sebelum itu kita sudah mengetahui kordinat awal pengukuran dan pada akhir pengukuran.

2.9. Pengolahan beda tinggi

Berikutnya adalah pengolahan data delta H pergi dan delta H pulang, notasi delta H pulang harus sama dengan dengan notasi delta H pada saat pengukuran pergi, kemudian mendapatkan delta H rerata adalah dengan menjumlahkan delta H pergi + delta H pulang dibagi 2 jumlahkan semua delta H rerata dan mendapatkn hasil -0,048.

Kemudian cara mendapatkan delta H kordinat awal pengukuran di kurang kordinat akhir pengukuran dan menghasilkan delta H kordinat yaitu -0,122, Langkah selanjutnya ada lah mendapatkan FH dengan mengurangi delta H rerata dengan hasil delta H kordinat -0,048-0,122 = -0,074 ini adalah hasil FH

Tahapan selanjutnya cara mendapatkan DHI dengan jarak poligon di bagi (:)jarak poligon rata2 di kali (x) FH dalam meter. Jika DHI semua sudah terjumlah makan hasil nya akan sama seperti hasil FH dalam meter yang berarti pengukuran hamper selesai.

Selanjutnya adalah mencari nilai Z atau nilai elevasi dalam perhitungan ini adalah H(korndinatawal BM di tambah (+) HDI di tambah (+) DH rerata makan akan muncul nilai elevasinya.

TITIK	DH PERGI	DH PULANG	DH PULANG FIX	DH RERATA	JARAK POLIGON RERATA	DHI	Z	
BM 11	-0,072	0,072	-0,072	-0,072	39,800	-0,006863657	38,603	BM11
TB 1	0,457	-0,451	0,451	0,454	55,050	-0,006493576	38,524	
BM 10	-0,148	0,108	-0,108	-0,128	59,300	-0,010226505	38,969	BM10
BM 2	-0,572	0,560	-0,560	-0,566	40,400	-0,00696713	38,830	BM2
BM 9	0,040	-0,299	0,299	0,170	38,950	-0,006717072	38,257	BM9
TB 2	0,299	-0,302	0,302	0,301	40,950	-0,007061979	38,420	
BM 8	0,378	-0,393	0,393	0,386	59,000	-0,010174769	38,714	BM8
TB 3	-0,147	0,263	-0,263	-0,205	58,750	-0,010131655	39,089	
TB 4	-0,419	0,353	-0,353	-0,386	39,800	-0,006863657	38,874	
BM 7	-0,184	-0,089	0,089	-0,048	432,000	-0,0745	38,481	BM7

Tabel 2. Pengolahan data beda tinggi menjadi Elevasi

2.10. Perhitungan RMSE

Pengukuran akurasi menggunakan *root mean square error* (RMSE) atau *Linear error*. Pada pemetaan dua dimensi yang perlu diperhitungkan adalah elevasi (z) titik uji dan posisi sebenarnya di lapangan. Analisis akurasi posisi menggunakan *root mean square error* (RMSE), yang menggambarkan nilai perbedaan antara titik uji dengan titik sebenarnya. RMSE digunakan untuk menggambarkan akurasi meliputi kesalahan random dan Sistematis (Kepala BIG No 15, 2014) dimana Rumus perhitungan RMSE seperti persamaan 1.

2.11. UJI KETELITIAN VERTIKAL

Setelah foto sudah terorthorektifikasi maka langkah selanjutnya adalah uji akurasi. Uji akurasi yang dilakukan pada penelitian kali ini adalah untuk menguji akurasi ketelitian Vertikal dari hasil pengukuran Orthophoto dengan pengukuran beda tinggi yang sudah terorthorektifikasi . Pengujian ketelitian (Z) menggunakan parameter Pengukuran Orthophoto dengan pengukuran beda tinggi poligon terbuka terikat sempurna dilapangan, untuk mendapatkan hasil ketelitian vertikal dimana perhitungan uji akurasi menggunakan Rumus.

Orthofoto adalah foto udara yang telah dikoreksi kesalahan geometriknnya menggunakan data foto orthofoto dan data pengukuran beda tinggi sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan pemetaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. HASIL PENGOLAHAN FOTO UDARA ORTHOFOTO

Hasil Pengolahan Foto Udara orthofoto

Pengolahan foto udara dilakukan dengan menggunakan software Agisoft Photoscan, dengan jumlah data foto sebanyak 311 foto dan 6 titik GCP yang diperoleh dari hasil pengukuran GPS geodetik dengan metode statik dengan pengamatan selama 30 menit. Adapun hasil pengolahan data foto udara berupa Orthofoto kampus Politeknik Negeri Batam.

Berikut merupakan hasil report pada saat pengolahan orthophoto Dimana terdapat error pada saat melakukan pengolahan.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
11	-0.0949223	0.0462106	0.271023	0.290859	0.536 (11)
10	-1.43754	-0.436317	-0.587456	1.61307	0.921 (14)
1	2.14518	-0.469239	-0.257389	2.21094	0.838 (28)
9	0.279301	0.991203	0.947834	1.3996	0.715 (19)
8	-0.218154	0.0449208	-0.333297	0.400869	0.545 (13)
7	-0.673865	-0.176779	-0.0407141	0.697855	0.271 (17)
Total	1.09978	0.487928	0.499323	1.30265	0.697

Tabel 4. Kesalahan error

3.2. UJI KETELITIAN VERTIKAL

Ekstraksi Koordinat GCP Dengan Koordinat Orthofoto Setelah dilakukan proses pengolahan data foto udara menjadi Orthofoto yang terortorektifikasi, kemudian dilakukan proses interpretasi uji ketelitian Vertikal dengan menggunakan *software* ArcGis 10.1 dimana dilakukan digitasi koordinat titik GCP di Orthofoto sehingga koordinat Z didapatkan jumlah GCP orthofoto sebanyak 6 titik., Orthofoto yang dihasilkan dari *software* Agisoft Photoscan secara visual terlihat bagus karena bentuk objek yang terlihat seperti kondisi aktual di lapangan.



Gambar 16. Layout Peta Orthophoto yang sudah terkoreksi.

Berikut merupakan tabel x,y,dan z sebelum pengolahan atau data yangdi ambil secara langsung di lapangan.

BM	X	Y	Z
11	393996.771	123690.149	38.600
10	394079.256	123768.120	38.921
2	394138.636	123778.126	38.731

9	394199.055	123819.328	38.174
8	394276.489	123849.002	38.601
7	394342.594	123732.722	38.966

Table 5. kordinat sebelum pengolahan

Dan berikut merupakan hasil x,y dan z orthophoto tidak ada perubahan yang terjadi karena pada saat pengolahan mendigitnya sesuai dengan kordinat tetapi terjadi perubahan pada z elevasi.

BM	X	Y	Z
11	393996.771	123690.149	38.329
10	394079.256	123768.120	38.509
2	394138.636	123778.126	37.988
9	394199.055	123819.328	38.416
8	394276.489	123849.002	38.561
7	394342.594	123732.722	38.730

Table 6. kordinat setelah pengolahan Dem

Berikut merupakan table selisih antara z awal dan z ortho memiliki sedikit perbandingan di antara kedua data tersebut.

Z Awal	Z Dem	selisih
38.600	38.329	0,271
38.921	38.509	0,412
38.731	37.988	0,743
38.174	38.416	0,298
38.601	38.561	0,40
38.966	38.730	0,236
Total		2,36

Table 7. table selisih antara z awal dan z orthophoto

Uji Ketelitian Vertikal Hasil Ekstraksi nilai Elevasi pengukuran beda tinggi Dengan Elevasi Orthofoto Setelah dilakukan proses pengolahan data foto udara menjadi orthofoto yang terortorektifikasi, kemudian dilakukan proses interpretasi uji ketelitian Vertikal dengan menggunakan *software ArcGis 10.1* dimana dilakukan digitasi nilai Elevasi GCP di Orthofoto sehingga nilai elevasi yang didapatkan berjumlah GCP orthofoto sebanyak 6 titik .

BM	Z DEM ORTHO	Z BEDA TINGGI	DZ
BM 11	38.329	38.603	-0,274
BM 10	38.509	38.969	-0,46
BM 2	38.730	38.830	-0,1
BM 9	37.988	38.257	-0,269
BM 8	38.416	38.714	-0,298
BM 7	38.561	38.481	0,08
TOTAL			-1,231
RATA-RATA			-0,205
RMSEz			0,452
AKURASI VERTIKAL (LE90)			0,745

Table 8. perhitungan uji akurasi

Hasil perhitungan selisih elevasi beda tinggi diperoleh nilai RMSz sebesar 0.452 m. perhitungan RMSEz menggunakan rumus 1 sesuai ketentuan perka BIG . Nilai tersebut akan digunakan untuk perhitungan nilai Linear error 90, Nilai ketelitian vertikal orthophoto adalah nilai (*Linear Error*) LE90 sebesar 0.745 nilai ini didapat dari perhitungan r. untuk ketelitian Vertikal yang berarti bahwa kesalahan posisi orthofoto tidak melebihi nilai ketelitian tersebut dengan tingkat kepercayaan 90% yang didapat dengan menggunakan standar ketelitian geometri pada tabel perka BIG.

3.2. HASIL ANALISIS KETELITIAN GEOMETRI BERDASARKAN PERKA BIG NO. 15 TAHUN 2014

Hasil perhitungan ketelitian geometri selanjutnya akan disesuaikan dengan standar ketelitian geometri peta RBI yang tercantum pada tabel 1. Hasil perhitungan nilai RMSEz dari *software* Agisoft Photoscan sebesar 0.452 m dengan nilai LE90 0.743 m. Berdasarkan nilai LE90 jika dilihat pada tabel klasifikasi ketelitian peta RBI dalam Perka BIG No.15 Tahun 2014, maka orthofoto memenuhi standar ketelitian peta RBI pada skala 1:5000 dengan ketelitian pada kelas kelas 1 dengan kesalahan maksimum tidak melebihi kesalahan sebesar 1 m atau kesalahan posisi horisontal orthofoto yang dihasilkan masih dibawah 1 m.

Berdasarkan hasil pengujian ketelitian geometris diatas, semua orthofoto yang dihasilkan dari pengolahan foto udara menggunakan perangkat lunak *Agisoft PhotoScan* yang dilakukan dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai peta dasar karena memenuhi klasifikasi ketelitian geometri peta RBI skala 1 : 5.000 kelas 1 sesuai dengan Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014.

3. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian mengenai pengujian akurasi dan ketelitian vertikal pada pemetaan bidang tanah Kawasan Politeknik Negeri Batam menggunakan wahana *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* yang telah dilakukan, terdapat beberapa kesimpulan yang menjawab rumusan masalah. Adapun kesimpulan hasil penelitian ini adalah

1. Tingkat ketelitian pemetaan yang dihasilkan baik sebelum maupun setelah dilakukan orthorektifikasi pada penelitian ini cukup baik. Sehingga pemetaan menggunakan UAV dapat digunakan karena memenuhi standar BIG dimana Total dari semua selisih mendapatkan total nilai -1,231 nilai dari rata rata total berjumlah -0,205 selanjut nya nilai dari RMSEz berjumlah 0,452 dan nilai ketelitian Vertikal (LE90) 0.745 kembali ke tabel 1 pada skala peta 1 : 5000 pada kelas 1 tidak melebihi dari 1 meter.

2. Berdasarkan hasil pengujian ketelitian geometris, semua orthofoto yang dihasilkan dari pengolahan foto

udara menggunakan perangkat lunak Agisoft PhotoScan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai peta dasar karena memenuhi klasifikasi ketelitian geometri peta RBI skala 1 : 5.000 kelas 1 sesuai dengan Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014.

4. DAFTAR PUSTAKA

- Adi, A. P., Prasetyo, Y., & Yuwono, B. D. (2017). Pengujian Akurasi dan Ketelitian Planimetrik Pada Pemetaan Bidang Tanah Pemukiman Skala Besar Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *Jurnal Geodesi Undip*, 208-217.
- Adkha Yulianandha M, S. S. (2022). Pemetaan Orthophoto Untuk Rencana Pembuatan Peta Rawan Longsor. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*.
- Anjasmara, I. M., & Masrul. (2015). Pemantauan Penurunan Muka Tanah Di Kawasan Watukosek Menggunakan Metode Sipat Datar. *GEOID*, 214-221.
- Haerunnas. (2019). Peningkatan Pengetahuan Dan Keterampilan Menggunakan Alat Ukur Waterpass Siswa SMK Negeri 1 Woja Melalui Pelatihan. *EPRINTS*, 1-17.
- Ira M. Anjasmara, M. (2015). Pemantauan Penurunan Muka Tanah Di Kawasan Watukosek menggunakan Metode Sipat. *Pemantauan Penurunan Muka Tanah Di Kawasan Watukosek Menggunakan Metode Sipat Datar*.
- Koto, A. G. (2021). Pengolahan Foto Udara Drone Menggunakan Perangkat Lunak Pix4dmapper. *J Sig*, 50-57.
- m, a. y., sai, s. s., & a, f.d (2022). Pemetaan Orthophoto Untuk Rencana Pembuatan Peta Rawan Longsor. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 408-411.
- p, c. n., l.m. , s., & awaluddin, m. (2020). Analisis Akurasi Model 3 Dimensi Bangunan Dari Foto Secara Tegak dan Miring. *Jurnal Geodesi undip*, 354-363.
- P, C. N., S. L., & M., A. (2020). analisis panjaitan, p. s. (2021). kajian tingkat akurasi dan ketelitian. *intaN Jurnal Penelitian Tambang*.
- Panjaitan, P. S., & Supit, J. M. (2021). Kajian Tingkat Akurasi dan Ketelitian Geometri Peta Dasar Dari Hasil Pengolahan Data Foto Udara Untuk Pemanfaatannya Di Sektor Pertambangan. *Jurnal Penelitian Tambang*, 121-125.
- Panjaitan, S. P., & Supit, J. M. (2021). INTAN Jurnal Penelitian Tambang. *kajian tingkat akurasi dan ketelitian geometri peta dasar dari hasil pengolahan data foto udara untuk pemanfaatannya di sektor pertambangan*, 121-125.
- panjaitan1), p. s. (2021). kajian tingkat akurasi dan ketelitian. *intan Jurnal Penelitian Tambang*.
- Putri, K. M., Subiyanto, S., & Suprayogi, A. (2017). pembuatan peta wisata digital 3 dimensi obyek wisata brown canyon secara interaktif dengan menggunakan wahana unmanned aerial vehicle (uav). *Jurnal Geodesi Undip*, 84-92.
- Putu Sukranaa, I. G. (n.d.).
- Putu Sukranaa, I. G. (2023). Perbandingan Hasil Mozaik Foto Udara Menggunakan Aplikasi. *Jurnal ENMAP (Environment & Mapping)*.
- 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*, 244-253.
- 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*, 244-253.
- Richard W. V. Uguy, L. P. (2022). evaluasi pengukuran topografi pada proyek jalan manado outer ringroad iii. *Jurnal Ilmiah Realtech*.
- Sukrana, P., Wisnawa, I. Y., & Putra, I. K. (2023). Perbandingan Hasil Mozaik Foto Udara

Menggunakan Aplikasi Desktop Agisoft
Metashape dengan Aplikasi Cloud
Computing Dronedeploy. *Jurnal ENMAP
(Environment & Mapping)*, 27-32.

Uguy , R. W., & Pangalila, L. (2022). Evaluasi
Pengukuran Topografi Pada Proyek Jalan
Manado Outer Ringroad III. *Jurnal Ilmiah
Realtech*, 25-31.

Yasada, G., & Setyono, E. Y. (2020). Pengaruh
Kemiringan Rambu Ukur Pada Pengukuran
Beda Tinggi Dengan Alat Waterpass
Terhadap Hasil Ketelitian . *Seminar Nasional
Terapan Riset Inovatif (sentrinov)* , 610-616.