

KAJIAN PENGOLAHAN DATA FOTO UDARA MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK AGISOFT PHOTOSCAN DAN PIX4D MAPPER

(Studi Kasus : Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang)

Petrus Krisologus Hamur¹, M. Edwin Tjahjadi², Adkha Yuliananda M, ST.,MT³

Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional Malang^{1,2,3}

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2, Sumbersari, Malang, Telp. (0341) 551431

Email: kristohamur@yahoo.co.id

ABSTRAK

Metode penginderaan jauh saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, perkembangan itu meliputi alat atau instrumen pengambilan data dan juga proses pengolahan data dengan menggunakan perangkat lunak komputer. Foto kualitas tinggi merupakan salah satu faktor signifikan untuk efisiensi dan standar kualitas produk pemetaan seperti *Digital Elevation Model* dan *Orthofoto*. Pemanfaatan serta pengolahan data foto udara semakin luas dengan dukungan berbagai *software* yang memadai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses pembuatan *Digital Elevation Model* dan *orthofoto*, serta perbedaan akurasi geometri dan objek dari data yang dihasilkan.

Dalam penelitian ini data foto udara akan diproses menggunakan *software Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper* dengan jumlah data 158 foto dan 8 titik GCP. Untuk uji ketelitian Posisi horisontal dan vertikal digunakan metode perhitungan yang dikeluarkan perka BIG No.15 tahun 2014, dan untuk uji ketelitian objek pada *orthofoto* dilakukan interpretasi dan dihitung dengan metode persamaan omisi komisi.

Hasil dari penelitian uji akurasi data *Digital Elevation Model* dan *orthofoto* berdasarkan hasil uji akurasi menurut perka BIG No. 15 tahun 2014 didapatkan nilai LE90 dari *Software Agisoft Photoscan* yaitu dengan nilai sebesar 0.279 m dan nilai LE90 *Pix4D Mapper* sebesar 0.509 m, Kemudian untuk nilai CE90 dari *software Agisoft Photoscan* sebesar 0.139 m dan nilai CE90 *Pix4D Mapper* sebesar 0.224 m. Hasil perhitungan akurasi objek dari data *orthofoto* dengan metode omisi komisi didapatkan presentase pengujian akurasi objek, dari 25 objek persentase rata-rata yang dihasilkan *software Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper* berada diatas 90% dengan ketelitian yang disyaratkan >85%.

Kata kunci : *Agisoft Photoscan, Dem, Orthofoto, Pix4D Mapper, Uji akurasi.*

I Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Metode penginderaan jauh dewasa ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Perkembangan itu meliputi alat atau instrumen pengambilan data dan juga proses pengolahan data dengan menggunakan perangkat lunak komputer. Teknologi pengambilan data berupa foto (fotogrametri) untuk kepentingan pemetaan yang kini sedang berkembang pesat adalah teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dan fotogrametri digital merupakan sebuah teknologi pemetaan wilayah yang terbaru. UAV memiliki beberapa kelebihan dibanding dengan teknologi pemetaan lainnya, yaitu dapat dilakukan dengan waktu yang relatif lebih cepat, sederhana dan mudah dibawa berpindah-pindah serta memiliki akurasi yang cukup tinggi (Wolf, 1993).

Dalam ilmu pemetaan, terdapat berbagai metode survei dan pemetaan yang dapat dilakukan, salah satunya adalah metode fotogrametri. Fotogrametri di definisikan sebagai seni, ilmu dan teknologi untuk memperoleh informasi terpercaya tentang objek fisik dan lingkungan melalui proses perekaman, pengukuran dan interpretasi gambaran fotografik dan pada radiasi tenaga elektromagnetik yang terekam (Wolf, 1993).

Foto kualitas tinggi merupakan salah satu faktor signifikan untuk efisiensi dan standar kualitas produk pemetaan, seperti *Digital Elevation Model* (DEM) dan *Orthofoto*. Teknologi pemrosesan foto udara yang semakin berkembang tentunya diiringi dengan *software* yang dapat digunakan untuk

membantu manusia dalam menyelesaikan suatu masalah. Pemanfaatan serta pengolahan data foto udara semakin luas dengan dukungan berbagai *software* yang memadai. Foto udara akan di proses menggunakan dua *software* yang berbeda yaitu *Agisoft Photoscan* dan *Pix4D mapper* untuk mengetahui perbedaan dari ketelitian geometri, *Orthofoto* dan DEM (*Digital Elevation Model*) yang dihasilkan.

Pada penelitian ini data hasil pengolahan dari kedua *software* akan dikaji dengan membandingkan ketelitian geometri dan akurasi objek dari data *Orthofoto* dan DEM. Guna untuk mengetahui *software* mana yang menghasilkan data dengan kualitas tinggi dan memenuhi standar ketelitian BIG (Badan Informasi Geospasial).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana mengolah data hasil pemotretan udara dengan menggunakan dua *software* yang berbeda?
2. Bagaimana perbedaan akurasi geometri dari DEM dan *Orthofoto* yang dihasilkan oleh *software Agisoft Photoscan* dan *Pix4Dmapper*?
3. Bagaimana ketelitian objek dari *orthofoto* yang dihasilkan dari dua *software*?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

a. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini, sebagai berikut :

1. Mampu membuat DEM dan *Orthofoto* menggunakan *software Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper*.

2. Mengetahui akurasi geometri DEM dan *Orthofoto* yang dihasilkan oleh *software Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper*.
3. Mampu membandingkan ketelitian objek dari *orthofoto* yang dihasilkan oleh *Software Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper*.

b. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini, sebagai berikut:

1. Dengan penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai proses dan ketelitian *Orthofoto* dan DEM yang dihasilkan menggunakan *software Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper*.
2. Mampu mengetahui secara keseluruhan *software* mana yang terbaik dan efisien sesuai kebutuhan pengolahan data foto udara yang digunakan.
3. Dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya mengenai ketelitian dari *Orthofoto* dan DEM yang dihasilkan dari *Software Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper*.

II Dasar Teori

2.1 Fotogrametri

Berdasarkan Perkumpulan Fotogrametri Amerika (*American Society of Photogrammetry/ASP*), Fotogrametri didefinisikan sebagai seni, ilmu dan teknologi untuk memperoleh informasi terpercaya tentang obyek 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 merupakan ilmu pengetahuan dan teknologi pengolahan foto udara untuk memperoleh data dan informasi yang tepat untuk tujuan pemetaan dan rekayasa (Suyudi, 2014).

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 (Suyudi, 2014).

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.

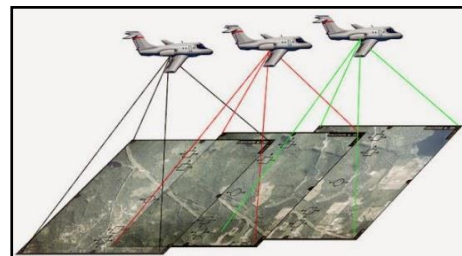
2.1.1 Kegunaan Fotogrametri

Penerapan paling awal bagi fotogrametri ialah untuk pemetaan topografi. Disamping untuk pemetaan topografi, banyak peta lain yang dibuat secara fotogrametrik. Peta-peta tersebut skalanya bervariasi dari skala besar hingga skala kecil. Penggunaannya untuk perencanaan jalan raya, jalan kereta api, jembatan, jaringan pipa, jaringan transmisi, bendungan, struktur pencegahan banjir, perbaikan sungai dan pelabuhan, proyek pembaharuan kota dan sebagiannya (Wolf, 1993).

Di samping bidang rekayasa juga banyak bidang yang memanfaatkan fotogrametri yaitu antara lain untuk pembuatan peta pajak bumi, peta tanah, peta hutan, peta geologi, dan peta bagi perencanaan serta bagi pewayalaan kota dan daerah. Foto udara juga digunakan didalam bidang astronomi, arsitektur, ekologi, dan mineralogi. Salah satu kegunaan tertua dan masih merupakan kegunaan utama hingga saat ini ialah untuk pengumpulan informasi kemiliteran (Wolf, 1993).

2.2 Foto Udara

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 (Wolf, 1993).



Gambar 2.1 foto udara

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 (Wolf, 1993).

2.2.1 Skala Foto

Skala dapat diartikan sebagai perbandingan antara jarak pada peta dengan jarak sesungguhnya di medan. Dengan cara serupa skala foto udara merupakan perbandingan antar jarak di atas foto dengan jarak yang bersangkutan di lapangan. Pada peta, skala bersifat seragam karena merupakan hasil proyeksi orthogonal, sedangkan pada foto udara skala bersifat bervariasi sesuai dengan perbedaan ketinggian pada bentang lahan. Skala memiliki kaitan erat dengan jenis kamera perekam pada foto udara, dimana dalam perhitungan skala jenis kamera diklasifikasikan berdasar sudut liputan lensa. Sudut liputan lensa adalah besaran sudut yang dibentuk oleh segitiga proyeksi (gambaran) muka bumi melalui lensa (optik) yang mencapai permukaan film (sensor perekam). Sudut liputan lensa semakin besar bila panjang fokus lensa semakin pendek (Wolf, 1993).

Berikut adalah hubungan antara jenis kamera, panjang fokus, dan sudut liputan (Paine, 1992):

Tabel 2.1 Hubungan Antara Jenis Kamera, Panjang Fokus dan Sudut Liputan

Jenis Kamera	Panjang Fokus	Sudut Liputan
Sudut sempit	12 inchi = 304,8 mm	<60°
Sudut normal	8,25 inchi = 209,5 mm	60° - 75°
Sudut lebar	6 inchi = 152,4 mm	75° - 100°
Sudut sangat lebar	3,4 inchi = 88,9 mm	>100°

Dikatakan foto udara tegak atau vertikal bila sumbu kamera tegak lurus dengan pusat objek yang direkam. Titik tembus sumbu kamera pada foto udara vertikal diperoleh perpotongan garis yang ditarik dari tanda fiducial yang terletak di pinggir maupun sudut foto udara dan disebut dengan titik prinsipal. Titik pusat foto udara ini berhimpit antara titik prinsipal dan nadir. Maka foto udara tersebut dikatakan foto udara vertikal. Oleh karena itu, maka distorsi pada foto udara bersifat radial, artinya semakin jauh dari titik pusat (prinsipal) tersebut kesalahan semakin besar. Skala foto udara tegak (vertikal) tidak lain adalah perbandingan antar jarak a-b pada foto dengan jarak A-B di medan. Skala tersebut dapat dinyatakan dengan perbandingan anatar jarak fokus kamera f dan tinggi terbang pesawat diatas medan H' dengan memeperhitungkan dua segitiga sebangun L ab dan L AB. Sedangkan skala foto udara dibedakan menajdi dua tipe, yaitu skala lokal (relatif) dan skala rata rata (Paine, 1992).

1. **Skala lokal**

Skala lokal yaitu skala yang diperhitungkan pada tiap titik atau pada tiap daerah sempit di medan dengan suatu elevasi tertentu. Setiap titik pada foto pada elevasi yang berbeda mempunyai skala titik yang berbeda pula. Secara umum skala lokal dibagi berdasar atas medan yang direkam

oleh foto udara, yakni medan datar dan medan yang tidak datar.

$$S = ab / AB = f / H' = f / H-h.....(2.1)$$

Dimana :

- S = Skala foto udara
- ab = Jarak pada foto udara
- B = Jarak di lapangan/medan
- f = Panjang fokus kamera
- H' = Tinggi terbang pesawat terhadap obyek/medan
- H = Ketinggian terbang wahana
- h = Ketinggian obyek/medan dari permukaan air laut (dpl)

2. **Skala rata-rata**

Skala rata-rata adalah skala yang diperhitungkan untuk daerah yang terliput oleh satu foto, atau seluruh daerah yang dipotret. Dalam satu lembar foto udara dengan proyeksi sentral skala bervariasi tergantung dari variasi ketinggian medan. Skala foto rata-rata diperoleh dengan jalan membandingkan panjang fokus kamera dengan ketinggian terbang terhadap tinggi rata-rata dari medan, dinyatakan sebagai berikut :

$$S \text{ rata-rata} = f / H-h \text{ rata-rata}.....(2.2)$$

Dimana :

- f = Panjang fokus kamera
- H = Ketinggian terbang wahana
- h = Ketinggian obyek/medan dari permukaan air laut (dpl)

2.3 Pesawat Tanpa Awak (UAV)

Pesawat tanpa awak UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) merupakan jenis pesawat terbang yang dikendalikan alat sistem kendali jarak jauh lewat gelombang radio. UAV merupakan sistem tanpa awak (*Unmanned System*) yaitu sistem berbasis elektro mekanik yang dapat melakukan misi-misi terprogram dengan karakteristik sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh pilot atau mampu mengendalikan dirinya sendiri, UAV dapat dikendalikan manual melalui radio kontrol atau secara otomatis dengan mengolah data pada sensor (Saraoinsong, 2018).

Terminologi terbaru UAV fotogrametri menjelaskan bahwa platform ini dapat beroperasi dan dikendalikan dari jarak jauh baik secara semi-otomatis maupun otomatis tanpa perlu pilot duduk di kendaraan. Platform ini dilengkapi dengan kemampuan untuk melakukan pengukuran fotogrametri baik secara skala kecil maupun besar dengan menggunakan sistem kamera atau kamera video, sistem kamera termal atau inframerah, sistem LIDAR, atau kombinasi ketiganya. UAV standar saat ini memungkinkan pendaftaran, pelacakan posisi dan orientasi dari sensor yang diimplementasikan dalam sistem lokal atau koordinat global. Oleh karena itu teknologi UAV fotogrametri ini dapat dipahami sebagai alat pengukuran fotogrametri terbaru (Eseinbei, 2009).

2.4 Kamera

Kamera pada fotogrametri digunakan untuk keperluan akuisisi data. Karena kamera diletakan

pada pesawat yang bergerak maka waktu pemotretan dan pemotretan ulang harus singkat, lensa bekerja cepat dan penutup bekerja efisien. Hal yang sangat penting dari kamera untuk keperluan fotogrametri adalah kualitas geometri dari citra. Kualitas geometri yang rendah akan mengakibatkan ketidakakuratan posisi pada citra yang dihasilkan (Wolf, 1993). Oleh karena itu dapat dikatakan pula bahwa foto yang akurat (mempunyai kualitas geometri yang tinggi) diperoleh dari kamera yang teliti. Baik untuk keperluan foto udara maupun foto terestrial, kamera diklasifikasikan menjadi dua kategori umum yaitu (Wijayanti, 2008) :

1. Kamera metrik

Kamera metrik merupakan kamera yang dirancang khusus untuk keperluan fotogrametri. Kamera metrik yang umum digunakan mempunyai ukuran format 23cm x 23cm, kamera metrik dibuat stabil dan dikalibrasi secara menyeluruh sebelum digunakan. Nilai-nilai kalibrasi dari kamera metrik seperti panjang fokus, distorsi radial lensa, koordinat titik utama foto diketahui dan dapat digunakan untuk periode yang lama. Untuk kamera metrik berformat normal dikenal tiga sudut bukaan (*angle field of view*), yakni : *Normal angle* (NA), dengan panjang fokus 210mm, *Wide Angle* (WA), dengan panjang fokus 152mm, dan *Super Wide Angle*, dengan panjang fokus 88mm.

2. Kamera non metrik

Kamera non-metrik dirancang untuk foto profesional maupun pemula, dimana kualitas lebih diutamakan dari pada kualitas geometrinya. Kamera non-metrik memiliki dua keterbatasan utama yaitu :

a. Ketidakstabilan geometrik

Masalah terbesar penggunaan kamera non-metrik adalah ketidakstabilan geometrik. Kamera non-metrik memiliki lensa yang tidak sempurna, sehingga foto udara yang dihasilkan dari perekaman kamera non-metrik mengalami kesalahan. Kamera ini tidak memiliki tanda-tanda fidusial, namun dapat dilakukan modifikasi untuk membuat tanda fidusial. Selain itu pada kamera non-metrik tidak diketahui secara pasti besarnya panjang fokus dan posisi principal point, sehingga pengukuran pada foto udara menjadi kurang teliti. Kamera non-metrik dapat dikalibrasi dengan teknik tertentu sehingga parameter-parameter internal yang berpengaruh pada ketelitian geometrik foto dapat diketahui, dan kamera non-metrik dapat digunakan untuk aplikasi fotogrametri.

b. Ukuran film

Keterbatasan lain dalam penggunaan kamera non-metrik adalah terbatasnya ukuran film. Untuk mengcover area dengan luas dan skala yang sama, penggunaan kamera format kecil 24mmx36mm membutuhkan jumlah foto

lebih banyak dibandingkan jika pemotretan itu dilakukan dengan menggunakan kamera metrik format besar 23 cm x 23cm. Selain itu seringkali dalam pemetaan metode foto udara dibutuhkan foto dengan ukuran asli yang besar, sehingga penggunaan kamera format kecil menjadi masalah.

2.5 Desain Jalur Terbang

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 (Eisenbei, 2009).

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 2 Berikut ini gambaran dari proses *Overlap* dan *Sidelap* (Surya, 2017).

2.6 Titik Kontrol Tanah (GCP)

Ground Control Point adalah suatu titik ikat lapangan yang mengarahkan citra pada lokasi sebenarnya di lapangan. 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 (Wolf, 1993).



Gambar 2.6 *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 retro berfungsi untuk proses orientasi relative antar foto. Keberadaan retro dijadikan pendekatan posisi relative antar foto. Selain itu retro di gunakan pula untuk mengkoreksi foto dari pemotretan udara. Fungsi retro yang lain adalah menyatukan hasil olah data yang terpisah, misal olah data area A dan area B dengan cepat dan efektif, daripada proses penyatuan berdasarkan seluruh *pointcloud*.

2.7 Orthofoto

Orthofoto adalah foto yang menyajikan gambaran obyek pada posisi ortografik yang benar. Oleh karena itu *orthofoto* secara geometrik ekuivalen terhadap peta garis konvensional dan peta simbol planimetrik yang juga menyajikan posisi ortografik obyek secara benar. *Orthofoto* dari foto perspetif melalui proses yang disebut retifikasi diferensial (Nugroho, 2004).



Gambar 2.10 *Orthophoto*

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 dilakukan 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 (Nugroho, 2004).

2.8 Ketelitian Geometri Peta Dasar

Ketelitian peta *orthofoto* diuji dengan mengikuti ketelitian Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) yang dikeluarkan melalui Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) No 15 Tahun 2014. Menurut Peraturan Kepala BIG No 15 Tahun 2014, ketelitian geometri peta diperoleh berdasarkan ketentuan seperti berikut :

Tabel 2.2 Standar ketelitian Geometri Peta RBI (Kepala BIG No 15, 2014)

No	Skala	Interval Kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal (CE90 m)	Vertikal (LE90 m)	Horizontal (CE90 m)	Vertikal (LE90 m)	Horizontal (CE90 m)	Vertikal (LE90 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 : 1000	0,4	0,2	0,2	0,3	0,30	0,5	0,50

Akan 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.

2.9 Uji Ketelitian Geometri

Ketelitian Geometri adalah nilai yang menggambarkan ketidakpastian koordinat posisi suatu objek pada peta dibandingkan dengan koordinat posisi objek yang dianggap posisi sebenarnya. Komponen ketelitian geometri terdiri atas Akurasi horisontal dan Akurasi vertikal. Uji ketelitian posisi dilakukan hingga mendapatkan tingkat kepercayaan peta 90% *Circular Error* dan *Linear Error*. Uji ketelitian posisi ditentukan dengan menggunakan titik uji yang memenuhi ketentuan obyek yang digunakan sebagai titik uji, yaitu:

1. Dapat diidentifikasi dengan jelas di lapangan dan di peta yang akan diuji.
2. Merupakan objek yang relatif tetap tidak berubah bentuk dalam jangka waktu yang singkat.
3. Memiliki sebaran yang merata di seluruh area yang akan diuji.

Pengujian ketelitian posisi mengacu pada perbedaan koordinat (X,Y,Z) antara titik uji pada gambar atau peta dengan lokasi sesungguhnya dari titik uji pada permukaan tanah. Pengukuran akurasi menggunakan *root mean square error* (RMSE) atau *circular error*. 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. RMSE digunakan untuk menggambarkan akurasi meliputi kesalahan random dan Sistematis (Kepala BIG No 15, 2014). Nilai RMSE dirumuskan sebagai berikut:

$$RMSE \text{ horizontal} = \sqrt{D^2/n} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$D^2 = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2}$$

$$D^2 = \sqrt{\frac{D[(X_{data}-X_{cek})^2+(Y_{data}-Y_{cek})^2]}{n}}$$

$$RMSE \text{ vertikal} = \sqrt{\frac{(ZDEM-Zcek)^2}{n}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan :
n = Jumlah titik cek.
D = Selisih antara koordinat yang di ukur di lapangan dengan koordinat pada foto.

x = Nilai koordinat pada sumbu X
 y = Nilai koordinat pada sumbu Y
 Z = Nilai koordinat pada sumbu Z
 Nilai CE90 dan LE90 kemudian dihitung berdasarkan rumus :

$$CE90 = 1,5175 \times RMSEr \dots \dots \dots (2.5)$$

$$LE90 = 1,6499 \times RMSEz \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan :
 $RMSEr$ = *Root Mean Square Error* pada posisi x dan y (horizontal).

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

2.10 Uji Ketelitian Model Orthophoto

Ketelitian atribut/semantik adalah nilai yang menggambarkan tingkat kesesuaian atribut sebuah objek di peta dengan atribut sebenarnya di lapangan. Pada tahapan koreksi akurasi ini, dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan Omisi dan Komisi. Komisi adalah kondisi dimana hasil interpretasi lebih panjang/luas dari lapangan sedangkan Omisi adalah kondisi dimana hasil interpretasi lebih pendek/sempit dari lapangan (Ibrahim, 2014). Persamaan yang digunakan pada rumus 2.7 :

$$Akurasi = 1 - \left[\frac{\Delta}{Lapangan} \right] \times 100\% \dots \dots (2.7)$$

Dengan :

Δ = Interpretasi dan lapangan.

Pada dasarnya ketelitian atribut/semantik/tematik unsur rupabumi secara umum menunjukkan tingkat kesesuaian antara unsur rupabumi terhadap realitas di lapangan. Tabel dibawah menunjukkan standar ketelitian atribut yang harus dipenuhi untuk beberapa unsur rupabumi (Kepala BIG No 15, 2014).

Tabel 2.3 Uji Ketelitian Atribut/ Semantik/ Tematik (Kepala BIG No. 15 Tahun 2014)

Uji Ketelitian Atribut	Ketelitian
a. Garis Pantai	Sesuai Ketelitian Geometri Peta
b. Hipsografi	Sesuai Ketelitian Geometri Peta
c. Perairan	85 %
d. Nama Rupabumi	90 %
e. Batas wilayah	90 %
f. Transportasi dan utilitas	90 %
g. Bangunan dan fasilitas umum	85 %
h. Penutup lahan	85 %

2.11 Agisoft PhotoScan Profesional

Agisoft PhotoScan adalah perangkat lunak yang dapat mengidentifikasi titik sekutu mosaik, dan pembuatan DSM secara otomatis. *Agisoft PhotoScan* merupakan *software* pengolahan foto udara yang dibuat oleh perusahaan *Agisoft LLC*, yang didirikan pada tahun 2006 sebagai perusahaan penelitian yang inovatif dengan fokus pada teknologi visi komputer, secara intensif melakukan R & D dengan keahlian dalam algoritma pengolahan citra dengan teknik fotogrametri digital. Perangkat lunak *Agisoft Photoscan Professional* dapat digunakan untuk proses pembentukan mosaik dengan pengidentifikasian *tie point* secara otomatis, pembentukan *point cloud* beserta hasil residual hitungan *bundle adjustment*, pembentukan DEM dari mosaik yang dibentuk. *Point cloud* dalam

perangkat lunak ini adalah *tie point* yang secara otomatis dibentuk menjadi tiga dimensi. Secara umum *point cloud* merupakan titik-titik hasil perekaman data DTM ataupun DEM permukaan bumi yang tersusun dengan menggunakan sistem koordinat tiga dimensi. Titik-titik ini biasanya diidentifikasi dengan koordinat X,Y,Z dan biasanya dimaksudkan untuk memberi gambaran suatu permukaan pada suatu objek (Muklas, 2014).

Kelebihan dari perangkat lunak ini adalah dapat melakukan pengolahan mosaik dalam waktu singkat dengan mosaik yang dihasilkan mempunyai *color balancing* yang baik, dan sambungan antara foto digital yang tidak terlihat. Proses orthoretifikasi dilakukan secara otomatis oleh program. Orthoretifikasi ini digunakan untuk menghapus efek kemiringan sumbu dan hasilnya berupa ekuivalen foto digital tegak. Karena pergeseran letak gambar sehubungan dengan perubahan relief, ekuivalen foto digital tegak masih mengandung skala yang tidak seragam. Di dalam proses peniadaan pergeseran letak oleh relief pada sembarang foto digital, variasi skala juga dihapus sehingga skala menjadi sama bagi seluruh foto digital (Muklas, 2014).

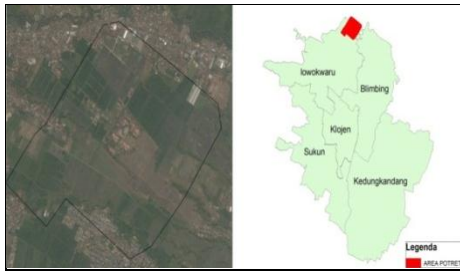
2.12 Pix4D Mapper

Pix4D Mapper merupakan sebuah penelitian ilmiah yang didirikan pada tahun 2011, *Pix4D Mapper* telah menjadi penyedia utama dan industri standar untuk perangkat lunak pengolahan data (UAV) secara profesional. Dimulai sebagai *spin-off* dari EPFL (*Ecole Polytechnique Federale de Lausanne*) Lab *Computer Vision* di Swiss, *Pix4D Mapper* adalah perusahaan yang dinamis dan berkembang pesat. Perusahaan ini telah berkembang dari tiga orang pada tahun 2012, dan saat ini mempekerjakan lima belas orang di kantor di *Ecublens*, tidak termasuk staf temporer yang bekerja pada proyek penelitian bekerjasama dengan EPFL. *Pix4D Mapper* mengembangkan algoritma pengolahan foto digital canggih untuk mengkonversi foto digital menjadi *orthomosaic 2D* tergeoreferensi, *3D surface* model dan *point cloud*. Dengan triangulasi udara otomatis yang canggih dan murni berdasarkan konten gambar dan teknik optimasi yang unik, *Pix4D Mapper* memungkinkan *drone* sipil menjadi alat survei pemetaan generasi berikutnya. Perangkat lunak *Pix4D Mapper* menawarkan hingga ketelitian centimeter seperti 3D LIDAR dan metode pengolahan instan *Rapid and full* untuk pemrosesan penuh, dilengkapi dengan fitur yang canggih, langkah kerja otomatis dan dapat langsung digunakan oleh siapa saja karena sangat intuitif dan mudah digunakan (Pix4D, 2017).

III METODELOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini, pemotretan berlokasi di Kelurahan Tasikmadu area persawahan Kampus 2 ITN Malang, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang dengan luas area pemotretan 38 ha.



Gambar 3.1 Area Pemotretan

3.2 Alat dan Bahan

1. Alat :

- Perangkat Keras (*Hardware*)

Tabel 3.1 Perangkat Keras

No.	Nama
1	Monitor
2	Keyboard
3	Mouse
4	Hardisk
5	PC HP Z 860 64 Bit
6	Roll Meter

- Perangkat Lunak (*Software*)

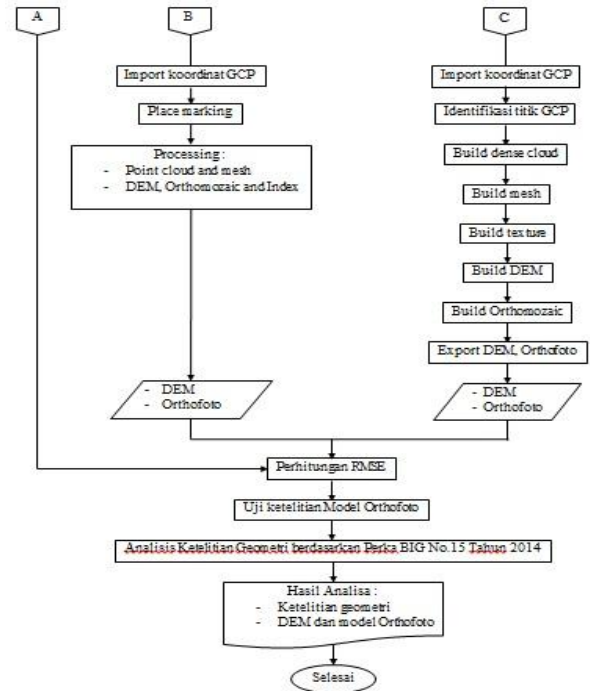
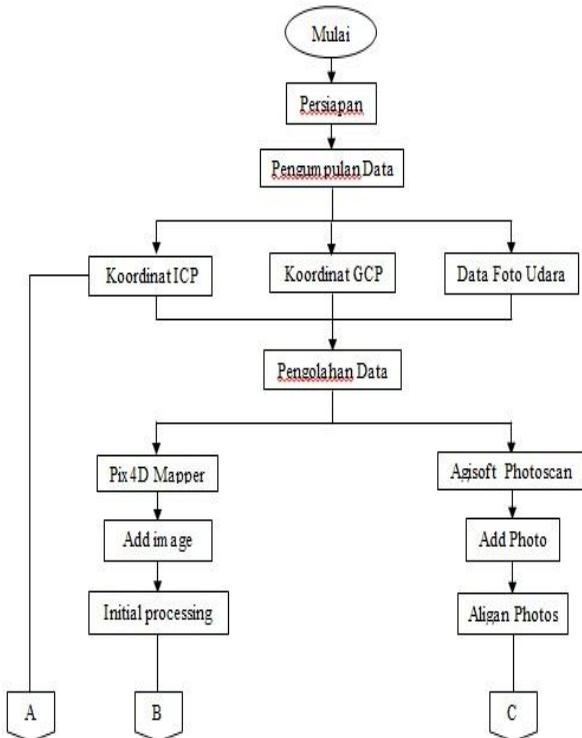
Tabel 3.2 Perangkat Lunak

No.	Nama
1	Arc GIS V 10.1
2	Agisoft Photoscan Professional
3	Pix4D Mapper
4	Ms. Word & Ms. Excel 2010
5	Notepad

2. Bahan

- Data hasil pemotretan foto udarategak.
- Koordinat X,Y,Z titik kontrol (GCP) dan data X,Y,Z titik uji (ICP).
- Data jarak objek di lapangan.

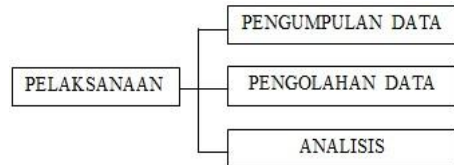
3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Alur pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada bagan berikut ini.



Gambar 3.3 Bagan Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pengumpulan Data

Pada tahapan pengumpulan data dalam penelitian ini adalah berupa data koordinat, foto udara dan data jarak objek dilapangan.

1. Data koordinat

Metode pengukuran yang digunakan adalah metode statik dengan model jaring radial untuk titik GCP dan RTK untuk ICP. Sebelum pengukuran, dilakukan pemasangan patok GCP dan ICP, dimana pada penelitian ini digunakan 8 patok GCP dan 62 patok ICP. Setelah pemasangan patok dilakukan pengukuran GPS *Static*, dimana satu titik GCP diikatkan ke titik referensi Nasional kemudian ditularkan ke titik GCP yang lainnya. Setelah pengukuran *static* dilakukan pengukuran RTK untuk mendapatkan titik ICP.

2. 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 38 ha. Sebelum pemotretan, dilakukan pemasangan *premark* pada patok-patok GCP dan ICP sebagai penanda pada foto untuk memudahkan proses identifikasi titik kontrol pada saat pengolahan data foto dan titik ICP pada saat

uji ketelitian. Setelah semua patok terpasang *premark* maka pemotretan dapat dimulai.

3. Data jarak objek di lapangan

Pengukuran dilakukan secara langsung pada objek di lapangan dengan menggunakan alat bantu *Roll Meter*. Pertimbangan yang digunakan adalah efektifitas waktu, keterjangkauan pengukuran objek.

3.4.2 Pengolahan Data

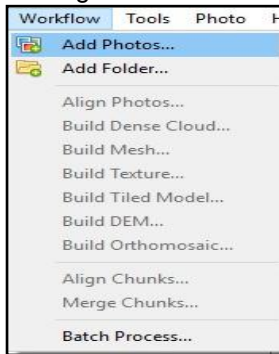
Pada tahapan ini data foto diproses menggunakan 2 perangkat lunak yang berbeda yaitu *Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper*, dengan jumlah data foto udara 158 foto menggunakan 8 titik GCP untuk proses Ortorektifikasi. Berikut langkah kerjanya :

3.4.2.1 Agisoft Photoscan

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

1. Add Photos

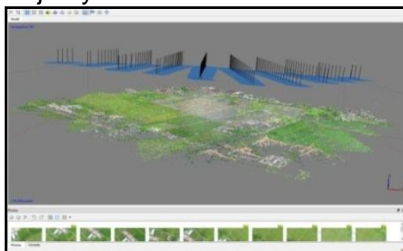
Tahap ini merupakan tahapan paling awal dalam memulai pemrosesan, dimana disini foto hasil pemotretan dibuka dalam *software agisoft Photoscan* dan direkonstruksi urutan umum foto menurut jalur terbang.



Gambar 3.4 Menu *Workflow*

2. Align Photos

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 3.7 Hasil *Aligan Photos*

3. Import Koordinat GCP dan Identifikasi Titik GCP

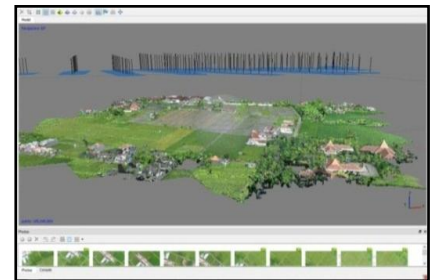
Import GCP dilakukan untuk memberi referensi koordinat X,Y,Z terhadap proses *aligan photos*, sehingga *DEM* dan *orthofoto* yang di bentuk dapat diperbaiki kualitas geometriknya. Untuk memperoleh *orthofoto* yang akurat, dianjurkan untuk menggunakan GCP yang diperoleh dari pengukuran menggunakan GPS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



Gambar 3.9 Identifikasi Titik GCP

4. Build Dense Clouds

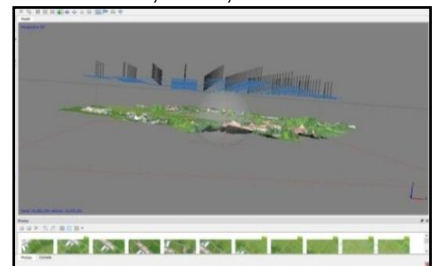
Dense Clouds merupakan kumpulan titik tinggi dengan jumlah yang sangat banyak dari pemrosesan foto udara. *Dense clouds* kemudian akan diproses lebih lanjut untuk menghasilkan *Digital Surface Model*, *Digital Terrain Model* dan *Orthofoto*.



Gambar 3.13 Hasil *Dense Clouds*

5. Build Mesh

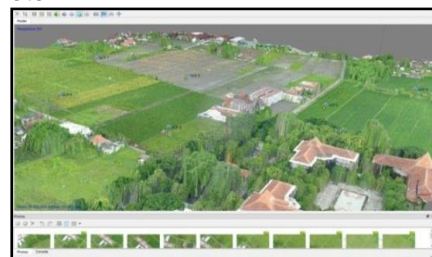
Build Mesh merupakan proses membangun model 3D dalam *agisoft*. Model tiga dimensi nantinya akan digunakan untuk proses pembentukan *DEM*, *DSM*, *DTM* dan *Orthofoto*.



Gambar 3.15 Hasil *Build Mesh*

6. Build Texture

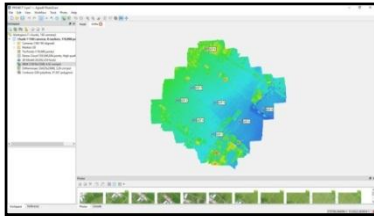
Merupakan proses pembentukan model fisik 3D dari kenampakan-kenampakan yang ada di area liputan foto.



Gambar 3.17 Hasil Model Texture

7. Build DEM

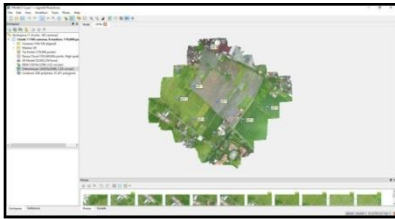
Digital Elevation Model merupakan model medan digital dalam format *raster* atau *grid*. Dari data *DEM* dapat diturunkan informasi elevasi hingga ke permodelan lebih lanjut seperti *cut and fill*. Terdapat dua terminologi terkait *DEM*, yaitu *DSM* (*Digital Surface Model*) dan *DTM* (*Digital Terrain Model*).



Gambar 3.20 DEM (Digital Elevation Model)

8. 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 *Dense Clouds*, *Mesh* dan DEM selesai.

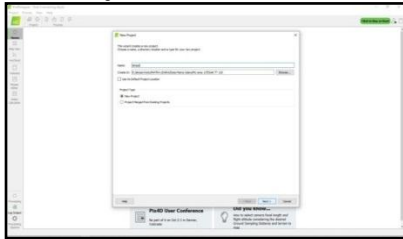


Gambar 3.23 Orthofoto

3.4.2.2 Pix4D Mapper

Langkah-langkah pengolahan data foto udara menggunakan perangkat lunak *Pix4D Mapper*, dijabarkan sebagai berikut :

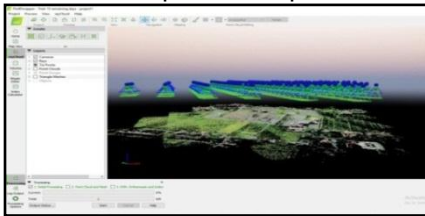
1. Membuat Project dan Add Photos



Gambar 3.24 Setting Project

2. Initial Prosesing

Tahapan ini merupakan tahap menghitung atau mengekstrak *keypoint* pada suatu gambar yang nantinya *keypoint* tersebut akan dicocokkan kembali ke gambar satu atau lebih. Kita juga bisa memilih bagaimana parameter *internal* dan *eksternal* kamera dioptimalkan, tahapan pengoptimalan terdiri dari menjalankan *Automatic Aerial Triangulation*, *Bundle Block Adjustment* dan kalibrasi kamera hingga rekonstruksi optimal dicapai.



Gambar 3.29 Hasil Tie Point

3. Import Koordinat GCP dan Identifikasi Titik

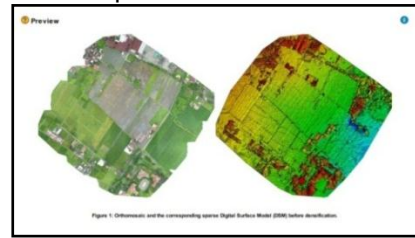
Import GCP dilakukan untuk memberi referensi koordinat X,Y,Z terhadap proses *initial prosesing*, sehingga DEM dan orthofoto yang di bentuk dapat diperbaiki kualitas geometriaknya. Untuk memperoleh data yang akurat, dianjurkan untuk menggunakan GCP yang diperoleh dari pengukuran menggunakan GPS Geodetik.

GCP Name	Accuracy RMZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Vertical/Height
GCP2 (GCP)	0.0091000	-0.000	0.006	-0.002	0.337	12/12
GCP3 (GCP)	0.0201000	-0.001	0.000	-0.013	0.203	13/13
GCP4 (GCP)	0.0201000	0.023	0.013	0.047	0.452	10/10
GCP5 (GCP)	0.0091000	-0.010	-0.013	-0.020	0.732	14/14
GCP6 (GCP)	0.0091000	0.005	0.010	0.016	0.706	12/12
GCP7 (GCP)	0.0201000	-0.018	0.007	0.025	0.474	10/10
GCP8 (GCP)	0.0201000	-0.006	-0.002	-0.001	0.430	7/7
GCP9 (GCP)	0.0201000	0.018	-0.025	0.004	0.470	8/8
Mean [m]	-0.0000000	-0.000470	0.004054			
Sigma [m]	0.0181005	0.0120065	0.020442			
RMS Error [m]	0.018112	0.012104	0.020889			

Gambar 3.32 Hasil Identifikasi GCP

4. Processing

Pada tahapan ini pemrosesan bisa dilakukan secara bersamaan. Tahap 2. *Point Cloud and Mesh* merupakan proses meningkatkan kepadatan *3D points* dari *3D model* yang di hitung pada langkah 1. *Initial Prosesing*, yang menyebabkan akurasi lebih tinggi pada DSM dan *Orthomosaic*. Tahap 3. *DSM, Orthomosaic and Index*, merupakan proses pembentukan DSM dan orthomosaic dari data hasil pemrosesan tahap 2.



Gambar 3.35 Orthofoto dan DSM (Digital Surface Model)

3.4.3 Analisa

Tahapan ini merupakan tahap analisis terhadap ketelitian horisontal dari Orthofoto, vertikal dari DEM yang dihasilkan dari proses digitasi point dan ketelitian obyek dari data jarak yang diukur di lapangan dan data jarak hasil interpretasi.

1. Proses Digitasi Poit

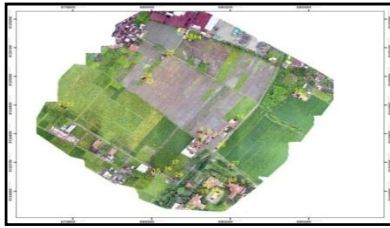
Untuk mendapatkan data X,Y,Z di perlukan proses digitasi point pada premark dari *Orthofoto* dan DEM. Proses digitasi *point* menggunakan *ArcGis 10.1* untuk mendapatkan koordinat dari *Orthofoto* tegak.

2. Perhitungan RMSEr dan RMSEz

Proses perhitungan dilakukan dengan rumus 2.3 untuk RMSEr dan Rumus 2.4 untuk RMSEz dengan bantuan *Microsoft excel* untuk mengetahui perbedaan koordinat X,Y dan Z antara titik uji pada *orthofoto* dan titik uji yang diukur menggunakan GPS geodetik.

3. Uji Ketelitian Orthofoto

Setelah dilakukan proses pengolahan data foto menjadi *orthofoto* yang teridentifikasi, kemudian dilakukan proses interpretasi menggunakan *software ArcGis 10.1* pada *orthofoto* hasil pemrosesan dari kedua *software* guna mendapatkan data jarak dari objek yang sama. Selanjutnya pengujian akurasi terhadap objek permanen di lapangan dan *Orthofoto*. Hasil pengukuran objek dijadikan data dasar untuk pengujian akurasi *orthofoto* dari *Pix4D Mapper* dan *Agisoft Photoscan*. Pengujian akurasi metode omisi komisi yang dilakukan menyebar pada 26 titik terlihat pada gambar berikut.



Gambar 3.42 Sebaran Titik Ukur Objek Dilapangan.

Setelah data pengukuran dan interpretasi di dapat, kemudian di hitung menggunakan rumus pada 2.7. berikut hasil interpretasi *Orthofoto* dan pengukuran di lapangan.

IV Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengolahan Data Foto Udara

Pengolahan foto udara dilakukan dengan menggunakan *software Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper*, dengan jumlah data foto sebanyak 158 foto dan 8 titik GCP yang diperoleh dari hasil pengukuran *GPS geodetik* dengan metode static. Adapun hasil pengolahan data foto udara berupa *Orthofoto* dan data DEM.

4.1.1 Orthofoto

Orthofoto yang dihasilkan dari *software Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper* secara visual terlihat bagus karena bentuk objek yang terlihat seperti sawah, perumahan atau bangunan terlihat seperti kondisi aktual di lapangan.



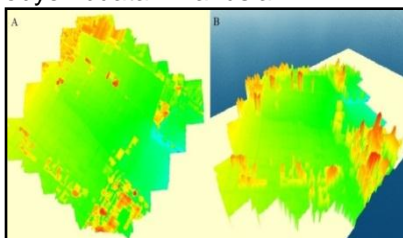
Gambar 4.1 *Orthofoto Agisoft Photoscan*



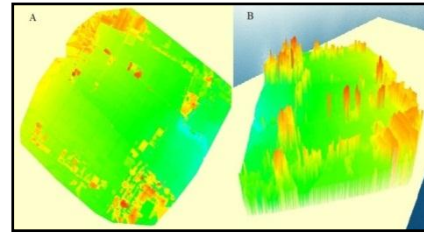
Gambar 4.2 *Orthofoto Pix4D Mapper*

4.1.2 DEM (*Digital Elevation Model*)

Berikut adalah data DEM yang dihasilkan dari pemrosesan menggunakan *software Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper*. Secara visual tidak ada perbedaan dari DEM yang dihasilkan dari kedua *software* dimana data DEM yang dihasilkan sama-sama menampilkan elevasi dari fitur-fitur yang ada di permukaan tanah, baik obyek alami maupun obyek buatan manusia.



Gambar 4.3 DEM *Agisoft* (Gambar A merupakan tampilan 2D dan B 3D)



Gambar 4.4 DEM *Pix4D* (Gambar A merupakan tampilan 2D dan B 3D)

4.2 Hasil Analisis Ketelitian

Analisis ketelitian bertujuan untuk mengetahui ketelitian Geometrik, ketelitian model *orthofoto* dan DEM. Berikut ini hasil uji ketelitian geometrik dan ketelitian model dari data *orthofoto* dan DEM.

4.2.1 Hasil Perhitungan Ketelitian Geometri *Orthofoto* dan DEM

Uji ketelitian geometrik horisontal dari hasil digitasi pada *orthofoto* dan vertikal dari data DEM yang diproses dari *software Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper*, selanjutnya dilakukan proses perhitungan selisih koordinat lapangan dan koordinat *orthofoto* dari foto tegak sebanyak 62 titik uji.

1. Hasil perhitungan ketelitian menggunakan *software Agisoft*

a. Ketelitian Horisontal

Hasil perhitungan selisih koordinat horizontal (X,Y) diperoleh nilai RMSEr sebesar 0.09130 m. Nilai tersebut akan digunakan untuk perhitungan nilai *circular error* 90.

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan RMSEr dan CE90 *Agisoft*

Id	CODE	RESIDUAL			
		(dx) ²	(dy) ²	dx ² -dy ²	
1	CP238	0.00170	0.02968	0.03138	
2	CP237	0.00038	0.05214	0.05252	
3	CP227	0.01133	0.05841	0.06974	
4	CP236	0.01441	0.00301	0.01741	
5	CP235	0.00058	0.00064	0.00122	
6	CP234	0.00510	0.00510	0.01020	
7	CP230	0.01314	0.00241	0.01555	
8	CP231	0.01571	0.00695	0.02266	
9	CP232	0.04775	0.00513	0.05288	
10	CP233	0.00046	0.00039	0.00085	
62	CP16	0.00000	0.00016	0.00016	
				JUMLAH	0.51677
				RATA-RATA	0.00833
				RMSE	0.09130
				CE90	0.13854

Nilai ketelitian *orthophoto* adalah nilai (*Circular Error*) CE90 sebesar 0.13854 untuk ketelitian horisontal, yang berarti bahwa kesalahan posisi *orthofoto* tidak melebihi nilai ketelitian tersebut dengan tingkat kepercayaan 90% yang didapat dengan menggunakan standar ketelitian geometri pada tabel 2.2.

b. Ketelitian Vertikal

Hasil perhitungan RMSEz yang diperoleh dari hasil perhitungan selisih nilai Z lapangan dan Z pada DEM adalah sebesar 0.16930 m dan nilai LE90 pada penelitian ini adalah sebesar 0.27933 m. Nilai ketelitian DEM adalah nilai (*Linear Error*) LE90 untuk ketelitian vertikal, yang berarti bahwa kesalahan vertikal tidak melebihi nilai ketelitian tersebut dengan tingkat kepercayaan 90%.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan RMSEz dan LE90 *Agisoft*

RESIDUAL				
id	CODE	Z Lapangan	Z Orthophoto	dz ²
1	CP181	480.36145	479.95100	0.16847
2	CP179	480.86102	480.60800	0.06402
3	CP178	481.54593	481.26800	0.07724
4	CP182	481.54779	481.33500	0.04528
5	CP183	481.86295	481.52900	0.11152
6	CP189	482.11505	482.03300	0.00673
7	CP187	482.37091	482.11200	0.06703
8	CP188	482.24170	482.03100	0.04439
9	CP186	482.14517	481.99700	0.02195
10	CP185	482.22965	482.04100	0.03559
:	:	:	:	:
62	CP279	497.28790	496.96200	0.10621
JUMLAH				1.77712
RATA-RATA				0.02866
RMSE				0.16930
LE90				0.27933

2. Hasil perhitungan ketelitian menggunakan software Pix4D Mapper

a. Ketelitian Horisontal

Hasil perhitungan selisih koordinat horizontal (X,Y) diperoleh nilai RMSEr sebesar 0.14751 m. Nilai tersebut akan digunakan untuk perhitungan nilai *circular error* 90.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan RMSEr dan CE90 *Pix4D Mapper*

RESIDUAL				
id	CODE	dx ²	dy ²	(dx ² +dy ²)
1	CP235	0.00126	0.00256	0.00381
2	CP234	0.00041	0.00860	0.00900
3	CP236	0.00237	0.00397	0.00634
4	CP230	0.13815	0.00001	0.13816
5	CP231	0.10932	0.00109	0.11041
6	CP232	0.03772	0.00788	0.04561
7	CP233	0.00072	0.00000	0.00073
8	CP227	0.07062	0.01569	0.08630
9	CP237	0.00204	0.03112	0.03316
10	CP238	0.00204	0.01876	0.02080
:	:	:	:	:
62	CP93	0.52196	0.06949	0.59145
Jumlah				1.34901
Rata-Rata				0.02176
RMSEr				0.14751
CE90				0.22384

Nilai ketelitian orthofoto adalah nilai (*Circular Error*) CE90 sebesar 0.22384 untuk ketelitian horisontal, yang berarti bahwa kesalahan posisi orthofoto tidak melebihi nilai ketelitian tersebut dengan tingkat kepercayaan 90% yang didapat dengan menggunakan standar ketelitian geometri pada tabel 2.2.

b. Ketelitian Vertikal

Hasil perhitungan RMSEz yang diperoleh dari hasil perhitungan selisih nilai Z lapangan dan Z pada DSM adalah sebesar 0.30865 m dan nilai LE90 pada penelitian ini adalah sebesar 0.50924 m. Nilai ketelitian DEM adalah nilai (*Linear Error*) LE90 untuk ketelitian vertikal, yang berarti bahwa kesalahan vertikal tidak melebihi nilai ketelitian tersebut dengan tingkat kepercayaan 90%.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan RMSEz dan LE90 *Pix4D Mapper*

RESIDUAL				
id	CODE	Z Lapangan	Z Orthophoto	dz ²
1	CP235	488.09686	488.02700	0.00488
2	CP234	487.86972	487.89000	0.00041
3	CP236	487.59116	487.55800	0.00110
4	CP230	486.74771	486.08400	0.44051
5	CP231	486.74100	486.03600	0.49702
6	CP232	486.89206	486.78600	0.01125
7	CP233	487.33521	487.38500	0.00248
8	CP227	488.38580	487.48700	0.80785
9	CP237	488.07739	487.89000	0.03512
10	CP238	488.36346	488.23600	0.01625
:	:	:	:	:
62	CP93	485.29550	483.58000	2.94295
Jumlah				5.90648
Rata-Rata				0.09527
RMSEz				0.30865
LE90				0.50924

4.2.2 Hasil Uji Akurasi Model Orthofoto

Pengujian akurasi dilakukan untuk mengetahui perbandingan nilai jarak objek lapangan dan jarak hasil interpretasi dari *orthofoto* yang di proses menggunakan *software Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper*. Hasil pengukuran objek dijadikan data dasar untuk pengujian. Kemudian data hasil pengukuran dan interpretasi dihitung dengan persamaan Omisi Komisi, menggunakan bantuan *Microsoft Excel* dengan rumus 2.7.

Tabel 4.5 Tabel Hasil Uji Ketelitian *Orthofoto*

ID	INTERPRETASI (M)		LAPANGAN (M)	SELISIH (M)		AKURASI (%)		KET
	AGISOFT	PIX4D		AGISOFT	PIX4D	AGISOFT	PIX4D	
1	9.77	9.78	9.78	-0.013	0.005	99.866	99.951	Kolam Ikan
2	14.22	14.31	14.34	-0.124	-0.032	99.137	99.774	Kolam Ikan
3	20.98	20.97	21.17	-0.194	-0.205	99.086	99.052	Kolam Ikan
4	17.98	17.99	18.49	-0.506	-0.502	97.265	97.286	P Gedung ITN
7	36.65	36.64	35.97	0.678	0.668	98.115	98.143	P Atap Rumah
9	8.79	8.78	8.7	0.090	0.080	98.965	99.076	L Atap Rumah
10	9.96	10.02	9.97	-0.008	0.054	99.920	99.457	P Atap Rumah
13	19.46	19.51	19.54	-0.084	-0.031	99.568	99.840	P Rumah
14	1.77	1.74	1.7	0.068	0.043	96.007	97.484	P Diker
15	11.07	11.05	11.17	-0.103	-0.118	99.074	98.945	P Rumah
6	15.98	16.08	15.82	0.156	0.256	99.015	98.383	P Gedung ITN
17	5.04	5.06	4.95	0.090	0.109	98.189	97.806	P Rumah
18	19.77	19.73	19.55	0.217	0.178	98.890	99.088	P Rumah
19	15.05	15.08	16.1	-1.047	-1.023	93.496	93.646	L Gedung ITN
20	15.12	15.02	15.2	-0.078	-0.185	99.490	98.783	L Gedung ITN
22	30.77	31.03	30.95	-0.183	0.080	99.407	99.743	P Sekolah
23	8.47	8.54	8.54	-0.067	-0.003	99.219	99.964	L Atap Rumah
24	8.74	8.67	8.6	0.145	0.073	98.319	99.130	P Atap Rumah
25	8.32	8.39	8.98	-0.661	-0.590	92.642	93.428	P Atap Rumah
26	6.11	6.19	6.17	-0.056	0.021	99.087	99.665	L Talan
27	4.02	4.03	4.08	-0.060	-0.052	98.528	98.722	L Talan
28	1.89	1.81	1.82	0.069	-0.009	96.224	99.529	L Papan Reng
29	83.29	83.32	83.02	0.274	0.303	99.670	99.635	P Tenbok Parit
30	14.01	14.02	13.94	0.068	0.078	99.510	99.440	L LapanganBasket
0	27.98	27.97	27.85	0.127	0.116	99.544	99.583	P LapanganBasket

Berdasarkan hasil perhitungan uji akurasi data lapangan terhadap *orthofoto* yang di dapat dari kedua *Software* pada tabel 4.5 di atas, menunjukkan bahwa selisih antara hasil pengukuran dan hasil interpretasi objek pada *orthofoto* tidak jauh berbeda hanya berkisar pada nilai belakang koma. Terdapat selisih pengukuran terendah *Agisoft Photoscan* pada panjang atap rumah dengan nilai 0.008 m dengan nilai pengukuran dapat dilihat pada panjang atap rumah id 10 dari tabel diatas dan *Pix4D Mapper* pada lebar atap rumah dengan nilai 0.003 m dengan nilai pengukuran pada lebar atap rumah id 23, selanjutnya untuk selisih tertinggi dari *software Agisoft Photoscan* pada lebar gedung itn dgn nilai 1.047 m dan *Pix4D Mapper* pada lebar gedung itn 1.023 m dengan nilai pengukuran yang sama pada lebar atap gedung ITN id 19.

Dari hasil perhitungan presentase akurasi menggunakan bantuan *Microsoft Excel* dengan persamaan metode omisi komisi. Hasil perhitungan dengan menggunakan metode omisi komisi didapatkan presentase pengujian akurasi objek, dari 25 objek presentase rata-rata yang dihasilkan *software Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper* adalah berada diatas 90% dengan ketelitian yang di isyaratkan > 85%. Hal ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan hasil interpretasi dapat di terima karena memenuhi persyaratan batas minimal ketelitian interpretasi data penginderaan jauh. Tabel 4.5 diatas menunjukkan bahwa nilai akurasi orthofoto yang dihasilkan dari *software Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper* memiliki akurasi dengan nilai diatas 85 %. Hal tersebut menunjukkan bahwa data *orthofoto* yang dihasilkan dari kedua *software* bisa digunakan dalam pemetaan dengan nilai akurasi yang tinggi.

4.3 Hasil Analisis Ketelitian Geometri Berdasarkan Perka BIG No. 15 Tahun 2014.

Hasil nilai CE90 dan LE90 dari perhitungan *software Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper* dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.6 Tabel Perbandingan Ketelitian Geometri

KETELITIAN HORIZONTAL			KETELITIAN VERTIKAL		
KET	AGISOFT	PIX4D	KET	AGISOFT	PIX4D
RMSEr	0.091	0.148	RMSEz	0.169	0.309
CE90	0.139	0.224	LE90	0.279	0.509

Hasil perhitungan ketelitian geometri pada tabel 4.6 selanjutnya akan disesuaikan dengan standar ketelitian geometri peta RBI yang tercantum pada tabel 2.2. Hasil perhitungan nilai RMSEr dari *software Agisoft Photoscan* sebesar 0.091 m dengan nilai CE90 0.139 m dan nilai RMSEr dari *software Pix4D Mapper* sebesar 0.148 m dengan nilai CE90 0.224 m. Berdasarkan nilai CE90 dari kedua *software* tersebut jika dilihat pada tabel klasifikasi ketelitian peta RBI dalam Perka BIG No.15 Tahun 2014, maka orthofoto memenuhi standar ketelitian peta RBI pada skala 1:1000 kelas 1 dengan kesalahan maksimum tidak melebihi kesalahan sebesar 0.2 m atau kesalahan posisi horizontal *orthofoto* yang dihasilkan masih dibawah 0.2 m.

Hasil perhitungan nilai RMSEz dari *software Agisoft Photoscan* sebesar 0.169 m dengan nilai LE90 sebesar 0.279 m dan nilai RMSEz dari *software Pix4D Mapper* sebesar 0.309 m dengan nilai LE90 sebesar 0.509 m. Berdasarkan nilai LE90 dari kedua *software* tersebut jika dilihat pada tabel klasifikasi ketelitian peta RBI dalam Perka BIG No.15 Tahun 2014. Pada *software Agisoft Photoscan* memenuhi standar ketelitian peta RBI pada skala 1:1000 kelas 2 dengan kesalahan maksimum tidak melebihi kesalahan sebesar 0.30 m atau kesalahan vertikal yang dihasilkan masih dibawah 0.3 m. Sedangkan pada *software Pix4D Mapper* memenuhi standar ketelitian peta RBI pada skala 1:1000 kelas 3 dengan kesalahan maksimum tidak melebihi kesalahan sebesar 0.5 m atau kesalahan vertikal yang dihasilkan masih dibawah 0.5 m.

Ketelitian geometri yang dihasilkan oleh *software Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper* setelah dilakukan proses perbandingan nilai ketelitian geometri dapat diketahui bahwa *software Agisoft* memiliki nilai akurasi yang baik dibandingkan *software Pix4D mapper*. Hal ini dapat dilihat dari nilai CE90 dan LE90 dari perhitungan pada tabel 4.6 yang menunjukkan bahwa nilai CE90 dan LE90 dari *Software Agisoft photoscan* lebih rendah dari *Pix4D Mapper* sehingga dapat dikatakan bahwa *Agisoft Mapper* memiliki nilai akurasi yang baik.

V Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai akhir penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan akurasi vertikal data DEM dari *software Agisoft Photoscan* memiliki nilai RMSEz sebesar 0.169 dan nilai LE90 sebesar 0.279 m, sedangkan dari *software Pix4D Mapper* memiliki nilai RMSEz sebesar 0.309 dan nilai LE90 sebesar 0.509 m.
2. Hasil perhitungan akurasi horizontal data *Orthofoto* dari *software Agisoft Photoscan* didapatkan nilai akurasi RMSEr sebesar 0.091 dan nilai CE90 sebesar 0.139 m, sedangkan *Pix4D Mapper* didapatkan nilai akurasi RMSEr sebesar 0.148 dan nilai CE90 sebesar 0.224 m. Nilai akurasi *orthofoto* berdasarkan standar ketelitian peta RBI dalam perka BIG No.15 tahun 2014, *orthofoto* yang dihasilkan memenuhi standar ketelitian pada skala 1:1000 kelas 1 dengan kesalahan maksimum tidak melebihi kesalahan sebesar 0.2 m.
3. Perhitungan ketelitian objek dari *orthofoto* menggunakan metode persamaan omisi komisi dan didapatkan persentase pengujian akurasi dari 25 objek persentase rata-rata yang dihasilkan *software Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper* mendapatkan nilai akurasi diatas 90 % dengan ketelitian yang diisyaratkan > 85%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai akurasi objek dari *software Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper* memiliki nilai akurasi yang baik.
4. Dari hasil perhitungan akurasi data *orthofoto* dan DEM dari *software Agisoft Photoscan* dan *Pix4D Mapper*, menunjukkan bahwa *software Agisoft Photoscan* memiliki nilai akurasi yang lebih baik dibandingkan *software Pix4D Mapper*.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini banyak kekurangan yang perlu diperhatikan, Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu diperhatikan pada saat proses identifikasi titik GCP, agar dilakukan dengan tingkat ketelitian yang tinggi dan berulang untuk mendapatkan nilai akurasi yang maksimal.
2. Hasil penelitian ini diharapkan nantinya dapat dikembangkan lagi dengan memanfaatkan perangkat lunak lainnya dan dapat ditemukan metode yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- Arfaini Juwita dan Hepi Hapsari, H. 2016. "Analisa Data Foto Udara untuk DEM dengan Metode TIN, IDW, dan Kriging". Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Andi Panguriseng. 2016. "Mozaik Citra", URL : <https://sites.google.com/site/etojje/home/mozaikcitra>
- Badan Informasi Geospasial Nomor 15 tahun 2014. 2014. "Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 tahun 2014 tentang Pedoman Teknis

- Ketelitian Peta Dasar*". Cibinong : Badan Informasi Geospasial.
- Bramantyo dan Marjuki. 2015. "Pemrosesan Small Format Aerial Photographs Menggunakan Agisoft Photoscan Professional 1.2.0".
- Eisenbei, H. 2009. "UAV Photogrammetry", Thesis Diss, ETH No 18515, Swiss Federal Institute of Technology Zurich.
- Herjuno Gularso, Ir. Sawitri Subiyanto, M.Si dan L.M.Sabri, S.T., M.T. 2013. "Tinjauan Pemotretan Udara Format Kecil Menggunakan Pesawat Model Skywalker 1680". Teknik Geodesi Universitas Diponegoro 2104.
- Iswanto, I. 2014. "Konversi Data DSM Hasil Pengolahan Citra Foto UAV Menjadi Data DTM Menggunakan Software SAGA GIS". Institut Teknologi Nasional Malang.
- Ibrahim, F., (2014). "Teknik Klasifikasi Berbasis Objek Citra Penginderaan Jauh untuk Pemetaan Tutupan Lahan Sebagian Kecamatan Mlati Kabupaten Sleman". Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Maretika, R.P., dan Farda, N.M. 2012. "Pemrograman Virtual Stereoplotter Sebagai Program Spasial Penghasil Digital Surface Model Dari Foto Udara Stereo Digital". Universitas Gajah Mada.
- Muklas. 2014. "Pembuatan Digital Surface Model (DSM) Dari Citra Foto UAV Menggunakan Agisoft Photoscan Profesional Versi 0.9". Institut Teknologi Nasional Malang.
- Novita Duantari dan Agung Budi Cahyono. 2017. "Analisis Perbandingan DTM (Digital Terrain Model) dari LiDAR (Light Detection and Ranging) dan Foto Udara dalam Pembuatan Kontur Peta Rupa Bumi Indonesia". Teknik Geomatika, ITS.
- Nugroho Prijono dan Parseno. 2004. "Evaluasi Ketelitian Geometri Citra Ikonos Level Geo Daerah Datar Terhadap Peta Orthofoto Skala 1:2500". Universitas Gajah Mada 2004.
- Paine, P.D., 1992. "Fotografi Udara Dan Penafsiran Citra Untuk Pengelolaan Sumber Daya"; Terjemahan: Imam Abdul Rochman; Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Pix4D. 2017. "Offline Getting Started And Manual". URL : <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/204272989-Offline-Getting-Started-and-Manual-pdf>
- Saraoinsong Samuel Hardy, Poekoel C. Vecky. 2018. "Rancang Bangun Wahana Pesawat Tanpa Awak (Fixed Wing) Berbasis Ardupilo". Teknik elektro samratulangi Manado 2018.
- Surya. 2017. "Dasar Fotogrametri Jarak Dekat". URL: https://www.academia.edu/10190062/Dasar_Teori_Fotogrametri_Jarak_Dekat
- Suyudi Bambang dan Subroto Tulus. 2014. "Fotogrametri dan Penginderaan jauh". Yogyakarta : Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, 55293.
- Wijayanti, M. 2008. "Uji Coba Penentuan Unsur-Unsur Orientasi Dalam Kamera Digital Non-Metrik Dengan Metode Pendekatan Sederhana". Institut Teknologi Bandung
- Wolf, P., R. 1993. "Elemen Fotogrametri dengan Interpretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh", Penerjemah: Gunadi, Gunawan, T., Zuharnen, Edisi kedua, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.