

**PERSOALAN AGRARIA KONTEMPORER:
TEKNOLOGI, PEMETAAN, PENILAIAN
TANAH, DAN KONFLIK**
(Hasil Penelitian Strategis 2017)

PENULIS:

Tim Peneliti Strategis 2017

PENYUNTING:

Asih Retno Dewi

Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
(PPPM)

Bekerja sama dengan

STPN Press, 2017

**PERSOALAN AGRARIA KONTEMPORER: TEKNOLOGI, PEMETAAN,
PENILAIAN TANAH, DAN KONFLIK**

(Hasil Penelitian Strategis 2017)

©PPPM STPN

Diterbitkan pertama kali dalam bahasa Indonesia oleh:
Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (PPPM)

Bekerja sama dengan

STPN Press, Desember 2017
Jl. Tata Bumi No. 5 Banyuraden, Gamping, Sleman
Yogyakarta, 55293, Tlp. (0274) 587239
Faxes: (0274) 587138
Website: www.pppm.stpn.ac.id
E-mail: stpn.press@yahoo.co.id

Penulis: Tim Peneliti Strategis 2017
Penyunting: Asih Retno Dewi
Layout dan Cover: Tim STPN Press

**PERSOALAN AGRARIA KONTEMPORER: TEKNOLOGI, PEMETAAN,
PENILAIAN TANAH, DAN KONFLIK**

(Hasil Penelitian Strategis 2017)

STPN Press, 2017
vii + 188 hlm.: 15.5 x 23 cm
ISBN: 978-602-7894-40-4

Tidak diperjualbelikan
diperbanyak untuk
kepentingan pendidikan
dan kalangan sendiri



**PEMETAAN METODE FOTOGRAMETRI DENGAN WAHANA
DRONE/UAV: *DIRECT GEOREFERENCING* DAN *INDERECT
GEOREFERENCING* UNTUK *BASE MAP GEO-KKP WEB*
(Studi di Desa Kudu dan Kelurahan Banaran Kecamatan Kertosono
Kabupaten Nganjuk Provinsi Jawa Timur)**

*Eko Budi Wahyono
Arief Syaifullah
Agung Nugroho Bimasena*

A. Pendahuluan

Dalam mempercepat pendaftaran tanah seperti yang diamanatkan oleh Undang-undang No. 5 Tahun 1960 tentang Peraturan Dasar Pokok-pokok Agraria (UUPA) khususnya di Bagian II Pendaftaran Tanah pada Pasal 19 ayat (1) dijelaskan bahwa untuk menjamin kepastian hukum oleh pemerintah diadakan pendaftaran tanah di seluruh wilayah Republik Indonesia menurut ketentuan-ketentuan yang diatur dengan Peraturan Pemerintah. Pelaksanaan pengukuran dan pemetaan untuk kegiatan pendaftaran tanah mutlak diperlukan inovasi serta didukung metode dalam pemanfaatan teknologi bidang survei dan pemetaan. Menurut Peraturan Menteri Negara Agraria/Kepala BPN Nomor 3 Tahun 1997 tentang Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah Pasal 12 ayat 1 menyebutkan “Pengukuran dan pemetaan untuk pembuatan peta dasar pendaftaran diselenggarakan dengan cara *terrestrial*, fotogrametrik atau metode lain”. Pasal 12 ayat 2 menyebutkan bahwa pengukuran dan pemetaan secara *terrestrial* adalah pengukuran dan pemetaan yang dilaksanakan di permukaan bumi. Sedangkan dalam Pasal 12 ayat 3 dijelaskan bahwa pengukuran dan pemetaan secara fotogrametrik adalah pengukuran dan pemetaan dengan menggunakan sarana foto udara. Foto udara sendiri menurut Pasal 12 ayat 4 adalah foto dari permukaan bumi yang diambil dari udara dengan mempergunakan kamera yang dipasang pada pesawat udara dan memenuhi persyaratan-persyaratan teknis tertentu untuk digunakan bagi pembuatan peta dasar pendaftaran. Penjelasan mengenai kegiatan pengukuran dan pemetaan metode lain tidak disebutkan dalam peraturan tersebut, maka dapat dianalogikan metode lain adalah metode yang bukan kategori *terestris* dan fotogrametris.

Menurut Wolf (1993), fotogrametri telah menjadi alat yang sangat bermanfaat dalam survey lahan atau survey pertanahan. Sebagai contoh, foto udara dapat digunakan sebagai peta dasar secara kasar untuk menggambarkan batas pemilikan lahan yang ada. Bila titik awal atau sembarang sudut dapat digambarkan sesuai wujudnya di medan yang tampak pada foto, seluruh persil dapat digambarkan pada foto sesuai dengan wujud medan yang dapat diidentifikasi. Bila penggambaran sudut ini dilakukan di medan maka akan banyak membantu di dalam menemukan sudut pemilikan lahan yang sebenarnya. Dengan menggunakan teknologi fotogrametri, dapat

membuat peta suatu wilayah tanpa harus mendatangi wilayah tersebut, hal ini merupakan keuntungan tersendiri dibandingkan dengan survey terestris khususnya jika mengalami hambatan dalam pelaksanaan survey terestris. Metode fotogrametri akan mempercepat pelaksanaan pengukuran dan pemetaan dibanding metode terestris.

Perkembangan teknologi fotogrametri sangat cepat, salah satunya adalah pemanfaatan wahana *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)/drone* untuk kegiatan pengukuran dan pemetaan. Metode fotogrametri dengan menggunakan wahana UAV sangat menjanjikan, di antara keterbatasan operasional teknologi fotogrametri konvensional. Resolusi spasial yang tinggi akan menghasilkan skala peta yang besar dan teliti dengan cakupan wilayah tertentu. Karena skala peta yang dihasilkan adalah skala besar, maka sangat memungkinkan hasil foto udara dengan menggunakan UAV ini dipergunakan untuk membuat peta dasar pendaftaran bahkan peta pendaftaran. Karena produk akhirnya berupa peta foto, maka metode pengukuran batas bidang tanah dapat dilakukan dengan secara fotogrametris. Hanya saja ketelitian hasil pemetaan menggunakan UAV yang berupa peta foto masih diragukan. Maka untuk itu diperlukan dukungan kajian teknis kelayakan penggunaan hasil pemotretan udara menggunakan wahana UAV/drone.

Pesawat UAV/drone yang digunakan untuk kegiatan pengukuran dan pemetaan saat ini selain dilengkapi kamera juga terdapat Receiver GPS dan IMU, sehingga ukuran dan posisi obyek yang terekam kamera sudah dapat ditentukan dan proses *georeferencing* dapat dilakukan. Proses *georeferencing* dapat dilakukan secara *direct georeferencing* dan *indirect georeferencing*. Dalam kedua cara proses *georeferencing* tersebut terdapat perbedaan cara dalam mendefinisikan koordinat titik di bumi ke dalam foto hasil fotogrametri. Menurut Yildiz (2014), ketelitian yang diperoleh dalam proses *direct georeferencing* dan *indirect georeferencing* tidak ada perbedaan akurasi yang signifikan. Karena dalam proses *direct georeferencing*, rover GPS yang terpasang menggunakan mode RTK. Dan titik control untuk kepentingan *indirect georeferencing* diukur dengan GNSS metode *static* dan *post processing*. Pada wahana drone dengan merk DJi Phantom 3 Pro juga terdapat GPS – IMU, hanya saja mode penentuan posisi GPS secara absolut. Maka untuk itu ketelitian yang diperoleh dari penentuan posisi GPS secara absolut akan memiliki dalam fraksi meter. *Base map* yang digunakan untuk memetakan bidang-bidang tanah hasil pengukuran dapat berupa peta digital dengan jenis peta garis dan atau peta foto, *base map* ini tersimpan dalam sistem Geo-KKP Web. Kondisi *base map* Geo-KKP Web saat ini terbatas dalam hal keberadaannya dan ketelitiannya. Tidak semua wilayah memiliki *base map* baik berupa peta garis maupun peta foto dengan ketelitian yang memadai. Termasuk dalam hal resolusi spasialnya, bahkan terdapat peta foto yang berupa citra satelit dengan resolusi spasial menengah digunakan sebagai *base map* dalam sistem Geo-KKP Web. Proses *georeferencing* hanya dilakukan menggunakan titik kontrol tanah/*Ground Control Point* 2 dimensi/planimetris bukan 3D, sehingga tidak memenuhi persyaratan proses

orthorektifikasi. Akibatnya bidang tanah yang akan dipetakan pada *base map* dari hasil ukuran lapangan/terestris yang sudah terikat dengan titik dasar teknik sering disesuaikan lagi posisinya di atas peta foto. Untuk itu diperlukan peta baik peta foto atau peta garis yang akan difungsikan sebagai *base map* dalam Geo-KKP Web yang murah dan mudah pengadaannya, memiliki ketelitian yang baik, serta resolusi spasialnya tinggi sehingga memungkinkan dibuat peta skala besar.

Peta foto hasil pengukuran dan pemetaan secara fotogrametri menggunakan moda UAV/drone menjadi solusi. Pengukuran dan pemetaan metode fotogramteri dengan moda UAV/drone dapat dilakukan dengan cepat, murah, memiliki resolusi spasial dan ketelitian yang tinggi untuk wilayah yang tidak terlalu luas. Maka untuk itu perlu dilakukan penelitian peta foto hasil pemetaan fotogrametri menggunakan moda UAV/drone dengan proses *direct georeferencing* dan *indirec georeferencing* serta membandingkan hasil pemetaan fotogrametri tersebut dengan *base map* Geo-KKP Web di Kantor Pertanahan Kabupaten Nganjuk Propinsi Jawa Timur.

B. Pelaksanaan Pengukuran dan Pemetaan Fotogrametri Menggunakan Drone/UAV

1. Perencanaan *Area of Interst* (AOI) Penelitian dan Perencanaan Pemotretan

Sebelum pelaksanaan pemetaan fotogrametri, terlebih dahulu dilakukan perencanaan lokasi yang akan dipetakan secara fotogrametri. Perencanaan lokasi pemotretan dilakukan di atas peta yang diunduh dari *google map*. Dengan memperhatikan wilayah kerja maka dibuat desain *Area of Interest* (AOI) pada *google map*, seperti yang terlihat pada Gambar 1. Penggunaan tanah lokasi yang akan dipotret adalah tanah pertanian. Berdasarkan desain AOI sementara yang merujuk dari *google map*, diperoleh luasan AOI adalah 832.500 m² atau 83.25 hektare.



Gambar 1. Rencana Area of Interst Lokasi yang akan Dipetakan

Berdasarkan desain AOI tersebut, selanjutnya direncanakan jalur terbang pemotretan, dengan memperhatikan tinggi terbang, skala peta foto yang akan dihasilkan beserta *overlap* dan *sidelap*. Skala peta foto yang dihasilkan tergantung dari nilai *Ground Sample Distance* (GSD), hal ini terkait dengan resolusi spasial yang diperoleh dari hasil pemotretan. Resolusi spasial yang diperoleh dari sebuah pemotretan dapat ditentukan dengan nilai GSDnya. Maka untuk itu sebelum desain jalur terbang dibuat, ditentukan terlebih dahulu skala peta foto yang akan dihasilkan. Selanjutnya dari skala foto, dihitung tinggi terbang dari drone/UAV tersebut.

Kebutuhan untuk pengukuran dan pemetaan bidang tanah dalam rangka pendaftaran tanah skala peta yang digunakan adalah: 1:10.000; 1:2.500; 1:1000 dan yang lebih besar. Skala peta dasar pendaftaran atau skala peta pendaftaran terkait dengan kenampakan obyek bidang tanah yang masih dapat dilihat adalah pada skala 1:1.000 atau skala 1:500. Maka untuk itu pembuatan peta dasar pendaftaran yang akan dihasilkan dari pemotretan adalah skala 1:1000. Berdasarkan data kamera yang terpasang pada pesawat drone memiliki ukuran pixel = $1.56 \times 1.56 \mu\text{m}$ dan panjang focus = 3,6mm, maka tinggi terbang maksimum untuk memperoleh GSD maksimal 20 cm adalah 460 meter. Jika ini dilakukan akan melanggar regulasi menteri perhubungan, maka untuk itu tinggi terbang harus dibuat di bawah 150 meter dari permukaan tanah. Dengan mempertimbangkan regulasi menteri perhubungan dan kemungkinan membuat peta foto dalam skala yang lebih besar maka ditentukan tinggi terbang di setting kurang lebih 100 meter di atas permukaan tanah. Dengan tinggi terbang kurang lebih 100 meter tersebut, akan diperoleh nilai GSD sekitar 4 sd 5 cm per *pixel*. Maka untuk pembuatan peta foto pada skala 1:1000 dengan nilai GSD sekitar 4 sd 5 cm per *pixel* secara visual masih mudah diidentifikasi.

Perencanaan berikutnya adalah besaran *overlap* dan *sidelap* dalam satu jalur penerbangan. Berdasarkan pengalaman penggunaan drone merk Dji Phantom 3 Profesional dalam pekerjaan pemotretan udara untuk kepentingan fotografi, jika dibuat *overlap* 60% dan *sidelap* 20% ternyata menimbulkan permasalahan saat proses pembuatan *point dense cloud* dan DTM. Untuk itu dalam proses pemotretan dibuat *overlap* sebesar 80% dan *sidelap* 40%, akibatnya dalam satu jalur terbang akan memperoleh jumlah foto yang lebih banyak. Hal ini akan berpengaruh dalam proses pembuatan *point dense cloud* maupun DTM menjadi lebih lama. Berdasarkan luasan AOI, tinggi terbang, besaran *overlap* dan *side lap* maka dalam wilayah AOI akan diperlukan jumlah jalur terbang sebanyak 24 s.d 27 jalur terbang. Desain jalur terbang pada wilayah AOI dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.

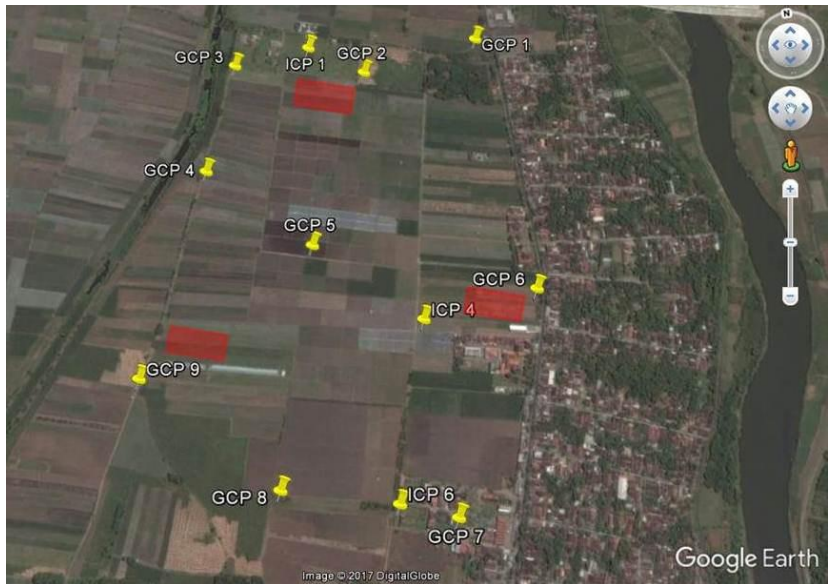


Gambar 2. AOI dan Perencanaan Jalur Terbang.

2. Perencanaan Pemasangan *Ground Control Point* (GCP) dan Distribusi Sampel Bidang Tanah.

Dalam proses *indirect georeference* diperlukan titik-titik referensi di muka bumi yang akan digunakan untuk proses rektifikasi foto udara, sehingga diperoleh nilai koordinat foto udara satu sistem koordinat dengan sistem koordinat referensi yang ada di permukaan bumi. Titik referensi di muka bumi untuk kepentingan rektifikasi foto udara tersebut dinamakan *Ground Control Point* (GCP). Jumlah dan distribusi GCP akan menentukan kualitas ketelitian peta foto hasil proses fotogrametri. Jumlah titik referensi yang difungsikan sebagai GCP dalam penelitian ini sebanyak 9 buah yang terdistribusi merata di seluruh wilayah AOI dengan jarak antar titik diusahakan sama. Pertimbangan lain lokasi GCP tersebut harus memiliki obstruksi yang baik, karena pengukuran posisi GCP menggunakan metode *Global Navigation Satellite System-CORS*.

Gangguan lingkungan sekitar seperti *multipath*, jaringan listrik tegangan tinggi harus dihindari. Hal ini untuk memperoleh nilai koordinat hasil ukuran yang baik. Di samping GCP juga dilakukan pengukuran *Independent Control Point* (ICP). ICP digunakan untuk menguji ketelitian peta foto hasil proses fotogrametri yang sifatnya independen. Sampel bidang tanah yang akan diukur terdistribusi di tiga tempat sehingga mewakili geometri seluruh hasil pemotretan dalam satu AOI. Distribusi GCP dan sampel bidang tanah yang diukur secara terestris dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Distribusi GCP, ICP, dan Lokasi Sampel Bidang Tanah.

3. Survei Awal dan Pemasangan *Premark Ground Control Point* (GCP)

Untuk kepentingan pemasangan *premark* dari GCP untuk kepentingan proses *indirect georeference* pada pengolahan foto udara hasil pemotretan dilakukan survey awal yaitu mengenali lapangan dengan cara meninjau secara keseluruhan lokasi yang akan difoto. Kegiatan survei awal ini sekaligus memberi tanda titik-titik yang akan digunakan sebagai GCP dan dipasang *premark*. Lokasi GCP dan pemasangan di lapangan berdasarkan koordinat yang direncanakan dan diukur di lapangan menggunakan rover GPS tipe navigasi. Berdasarkan desain awal, direncanakan akan dipasang 9 GCP dan 5 ICP, tetapi karena keterbatasan *premark* yang dibuat akhirnya hanya ada 3 ICP yang akan dipasang.

Berdasarkan survey awal lokasi hasil pendekatan lokasi menggunakan GPS navigasi yang dipilih untuk pemasangan GCP dan ICP yang memenuhi syarat untuk pengukuran posisi menggunakan metode GNSS-CORS. Syarat tersebut adalah terbebas dari *multipath*, memiliki *mask angle* $>15^\circ$, jauh dari jalan raya, sebaiknya dihindari terjadinya *cycle slip* selama pengamatan. Lokasi GCP terbanyak berada di daerah persawahan dan hanya satu yang berada di permukiman yaitu GCP No. 7. GCP No. 7 berada di pekarangan kosong yang memiliki jarak 15 meter dari tembok rumah, meskipun demikian memiliki *mask angle* yang baik masih $>15^\circ$ dan jarang lalu lintas yang lalu lalang.

Pada saat pemasangan *premark* pada GCP perlu diberitahukan kepada masyarakat sekitar untuk tidak mengganggu *premark* GCP

selama penelitian berlangsung. Contoh *premark* yang dipasang di lapangan dapat dilihat pada Gambar 4. *Premark* dibuat dari plastik tebal berwarna putih agar mudah dikenali pada foto udara, dengan ukuran setiap sayap *premark* 20 x 40 cm.



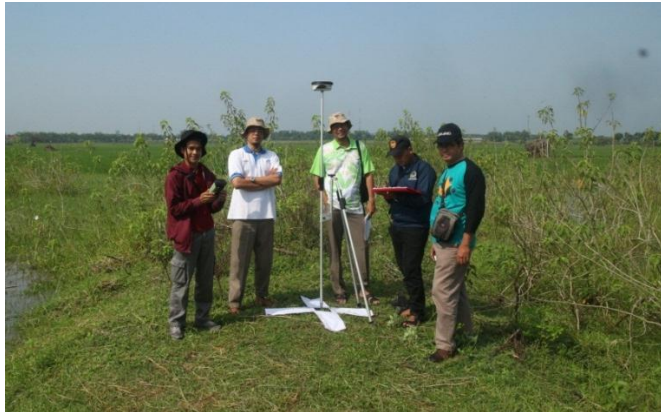
Gambar 4. *Premark*

4. Pengukuran *Ground Control Point (GCP)*

Setelah semua *premark* GCP terpasang, dilakukan pengukuran posisi GCP menggunakan rover GNSS-CORS merk Leica tipe Viva. Sistem CORS yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem CORS yang digunakan oleh Kantor Wilayah Badan Pertanahan Nasional Provinsi Jawa Timur. Sistem CORS Kanwil BPN Provinsi Jawa Timur ini beroperasi tersendiri, terpisah dari sistem CORS Jaring Referensi Satelit Pertanahan Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional. Lokasi penelitian berada di wilayah kerja Kabupaten Nganjuk, maka direncanakan *base station* yang akan digunakan adalah *base station* Kantor Pertanahan Kabupaten Nganjuk. Tetapi karena *base station* kantor Pertanahan Kabupaten Nganjuk tidak aktif, maka dihubungkan dengan *base station* Kantor Pertanahan Kabupaten Jombang. Pengukuran *premark* GCP di lapangan dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 berikut ini.



Gambar 5. Pengukuran *Premark* GCP di Perumahan.



Gambar 6. Pengukuran Premark GCP di Sawah

Pengukuran GCP dan ICP memiliki urutan sebagai berikut: GCP 7, GCP 6, GCP 1, GCP 2, ICP 1, GCP 3, GCP 4, GCP 9, ICP 6, GCP 8, GCP 5, ICP 3, dan ICP 4. Hasil pengukuran GCP dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini :

Tabel 1. Nilai Koordinat GCP – ICP hasil Pengukuran GNSS CORS.

No.	Nomor GCP – ICP	Koordinat Geografis		Koordinat Kartesian ER	
		Lintang Selatan	Bujur - Timur	X (Meter)	Y (Meter)
1	GCP 1	7°34'36.81"	112° 6'37.16"	-2379877.307900	5857903.411602
2	GCP 2	7°34'38.35"	112° 6'29.55"	-2379658.499744	5857984.713343
3	GCP 3	7°34'36.91"	112° 6'21.18"	-2379423.028690	5858086.672304
4	GCP 4	7°34'44.03"	112° 6'18.77"	-2379343.836109	5858087.676083
5	GCP 5	7°34'49.66"	112° 6'25.01"	-2379512.309819	5857994.503676
6	GCP 6	7°34'53.99"	112° 6'38.45"	-2379887.815016	5857824.090158
7	GCP 7	7°35'6.80"	112° 6'31.77"	-2379678.478042	5857853.237930
8	GCP 8	7°35'4.12"	112° 6'21.70"	-2379396.662591	5857979.166252
9	GCP 9	7°34'56.73"	112° 6'13.87"	-2379185.274929	5858096.799020
10	ICP 2	7°34'50.91"	112° 6'32.09"	-2379712.103628	5857909.220818
11	ICP 3	7°35'11.90"	112° 6'26.56"	-2379523.062718	5857894.934815
12	ICP 4	7°34'55.09"	112° 6'31.29"	-2379682.964314	5857902.738205
13	ICP 5	7°35'5.80"	112° 6'10.37"	-2379072.113525	5858103.226116
14	ICP 6	7°35'5.67"	112° 6'28.49"	-2379587.454405	5857895.995576

Sumber: Data Primer.

Data base station Kantor Pertanahan Kabupaten Jombang adalah 7°32'44.65"S; 112°14'10.97"E dalam sistem elipsoid referensi WGS 84, seperti yang tercantum dalam data Rover GNSS – CORS:

```
<Point uniqueID="RTCM-Ref 0048" class="reference" subclass="positionAndHeight">
```

```
<Coordinates originalCoordSysKind="Ellipsoidal"  
originalGeodeticDatumKind="WGS84"  
originalHeightKind="ellipsoidal"> z <WGS84>
```

```
<Cartesian x="-2392934.892100" y="5853081.371600" z="-  
832012.653000"/>
```

```
<Geodetic lat="-7.545736877071" lon="112.236381307247"  
hghtE="76.646626"/>
```

```
</WGS84>
```

Pelaksanaan pengukuran dapat berjalan lancar, lama waktu pengukuran setiap titik kurang lebih 5 menit dan langsung dapat kondisi *fixed*. Dari hasil pengamatan ICP ternyata koordinat yang dihasilkan dalam ICP 3 sepertinya terjadi kesalahan karena posisi yang diperoleh dari pengamatan CORS, begitu di plotting pada *google earth* ternyata perbedaan lokasi/posisi yang cukup jauh sekitar 60 meter, maka untuk itu ICP 3 tidak digunakan. Kemudian ICP 5 tidak tercover dalam proses pemotretan, sehingga tidak digunakan. ICP yang tercover dan dapat diidentifikasi di peta foto adalah ICP 2, ICP 4, dan ICP6.

5. Pelaksanaan Pemotretan

Luasan wilayah yang akan dipetakan adalah mendekati 100 Ha, dengan mengingat kemampuan baterai dan keamanan pesawat UAV/drone maka lama pemotretan satu sesi adalah 15 menit, dengan tinggi terbang diatur pada *controller* pesawat UAV/drone kurang dari 100 meter. *Disetting* 100 meter, dengan *overlap* = 80% dan *sidelap* = 60%. Moda terbang diatur secara otomatis dan desain jalur terbang sesuai dengan software PIX4D (jalur terbang pesawat drone secara otomatis akan mengikuti jalur terbang yang telah dibuat oleh software tersebut). Wilayah yang akan direncanakan dilakukan pemotretan dilihat pada software PIX4D melalui *gadget* yang dihubungkan dengan *controller* pesawat drone. Berdasarkan wilayah yang akan dipetakan dan kemampuan drone pada terbang dengan ketinggian 100 meter di atas permukaan bumi, dalam sekali terbang lokasi pemotretan yang ter cover dapat dilihat pada AOI beserta jalur terbangnya. Maka untuk luas sekitar 100 Ha diperkirakan dapat dilakukan pemotretan sebanyak 3 sesi, antar sesi harus ada *sidelap* nya. Pemotretan wilayah pemetaan sesuai yang telah direncanakan dapat dilaksanakan dalam 3 sesi, waktu yang diperlukan setiap sesi adalah 15 menit, sehingga untuk pemotretan seluas 100 Ha diperlukan waktu selama kurang lebih 1 jam, 45 menit drone terbang dan 15 menit perpindahan lokasi awal penerbangan. Persiapan penerbangan dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Persiapan Penerbangan dan Setting Jalur Terbang.

6. Pengukuran dan Perhitungan Koordinat Batas Bidang Tanah secara Terestris

Pengukuran batas bidang tanah sebanyak 3 blok (setiap blok diukur 4 s/d 5 bidang tanah) dengan menggunakan metode terestris, yaitu menggunakan instrument *Electronic Total Station* dan GNSS-CORS. GNSS-CORS difungsikan sebagai titik kontrol untuk pengukuran batas bidang tanah, sehingga sistem referensi antara hasil ukuran bidang tanah secara terestris dengan sistem koordinat yang digunakan pada peta foto hasil pemotretan menggunakan UAV/drone sama. Pengukuran batas-batas bidang tanah menggunakan alat ukur *Total Station* dapat dilihat pada Gambar 8. Batas bidang tanah tanah yang digunakan berupa pematang agar mudah diidentifikasi di atas peta foto hasil pemotretan UAV. Pertemuan-pertemuan pematang menjadi batas bidang tanah, sehingga mudah diidentifikasi di atas peta foto. Karena ukuran pematang yang cukup lebar, maka diambil titik tengah dari pematang tersebut dan digunakan sebagai batas bidang tanah. Meskipun demikian ketelitian dalam mengidentifikasi di atas peta foto sangat penting, karena akan menentukan ketelitian geometri hasil pengukuran diatas peta foto hasil pekerjaan fotogrametri.



Gambar 8. Pengukuran Bidang Tanah secara Terestris Bidang Tanah I

Hasil pengukuran batas bidang tanah menggunakan *Total Station* dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4 berikut ini.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Batas Bidang Tanah Blok I

NO	Batas Bidang	Koordinat Batas Bidang Tanah *)	
		X	Y
1	1	156626.41	662198.8
2	2	156618.58	662169.85
3	3	156622.21	662166.11
4	4	156761.17	662131.48
5	5	156895.54	662097.64
6	6	156897.22	662107.58
7	7	156899.44	662120.77
8	8	156765.99	662152.34
9	9	156768.69	662162.64

*) Sistem Koordinat TM₃^o

Batas bidang tanah Blok I diukur dengan menggunakan titik referensi berupa patok kayu kemudian diukur menggunakan GNSS-CORS dan sebagai orientasi azimuth menggunakan titik ikat GCP 2. Pengukuran menggunakan metode polar.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Batas Bidang Tanah Blok II

NO	Batas Bidang	Koordinat Batas Bidang Tanah *)	
		X	Y
1	1	156841.76	661746.44
2	2	156839.23	661733.26
3	3	156836.7	661720.06
4	4	156835.42	661713.61
5	5	156942.23	661693.44
6	6	157054.88	661671.84
7	7	157056.52	661678.42
8	8	157060.12	661690.86
9	9	157061.42	661703.49

*) Sistem Koordinat TM₃^o

Batas bidang tanah Blok II diukur dengan titik referensi GCP 6 untuk orientasi dilakukan pengukuran salah satu batas bidang tanah menggunakan GNSS-CORS dan pengukuran batas bidang tanah dilakukan menggunakan metode polar.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Batas Bidang Tanah Blok III

NO	Batas Bidang	Koordinat Batas Bidang Tanah *)	
		X	Y
1	1	156355.3	661600.27
2	2	156350.04	661570.4
3	3	156311.44	661578.16
4	4	156317.66	661554.41
5	5	156348.51	661547.52
6	6	156562.42	661504.68
7	7	156574.98	661556.89

*) Sistem Koordinat TM3°

Pengukuran batas bidang tanah pada Blok III dilakukan menggunakan *Total Station* yang diikatkan pada titik-titik referensi tersendiri yang diukur menggunakan GNSS- CORS. Metode pengukuran batas bidang tanah dilakukan menggunakan metode polar.

7. Pengolahan Data Fotogrametri

Pengolahan hasil pemotretan dengan metode *indirect georeference* dan *direct georeference*, dilaksanakan secara bersamaan menggunakan dua laptop. Tahapan pemrosesan pengolahan hasil pemotretan dengan menggunakan *software* AGISOFT PHOTOSCAN PROFESSIONAL VERSION 1.3.2.4205 adalah sebagai berikut:

- a. Input foto hasil pemotretan
- b. *Align Photos*
- c. *Build Dense Cloud*
- d. *Build Mesh*
- e. *Build Texture*
- f. *Build Tiled Model*
- g. *Build DEM*
- h. *Build Orthomosaic*

Perbedaan pengolahan data antara *indirect georeference* dan *direct georeference* adalah saat menginputkan *Ground Control Point* (GCP) pada saat proses *Align Photo*. Input GCP hanya dilakukan pada proses *indirect georeference*. Input nilai koordinat GCP pada saat proses *Align Photo*, dengan cara interpretasi secara visual terhadap GCP yang tampak pada foto. Seperti yang terlihat pada Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Tampilan Visual GCP pada Foto Udara

Proses pengolahan foto udara dengan menggunakan *software* AGISOFT PHOTOSCAN PROFESSIONAL VERSION 1.3.2.4205. Software ini memiliki spesifikasi terkait *hardware* yang dapat digunakan dengan syarat sebagai berikut:

- a. Windows XP or later (64 bit), Mac OS X Snow Leopard or later, Debian/Ubuntu (64 bit)
- b. Intel Core i7 processor.
- c. 12 GB of RAM.

Laptop yang digunakan untuk penelitian ini tidak memenuhi syarat atau tidak sesuai rekomendasi dari *Software* AGISOFT PHOTOSCAN PROFESSIONAL VERSION 1.3.2.4205 di atas. Akibatnya banyak mengalami kendala saat proses pengolahan data foto udara. Dengan kendala *hardware* yang tidak sesuai ini, pengolahan data menjadi sangat lama. Karena pengolahan foto udara menggunakan *Software* AGISOFT PHOTOSCAN PROFESSIONAL VERSION 1.3.2.4205 dengan metode *indirect georeferencing* dan *direct georeferencing*, sehingga digunakan dua *hardware/laptop*. Kedua laptop memiliki spesifikasi di bawah yang disyaratkan oleh *Software* AGISOFT PHOTOSCAN PROFESSIONAL VERSION 1.3.2.4205, sehingga proses keduanya juga sangat lambat. Hanya saja salah satu laptop tersebut memiliki RAM 12 GB, sehingga proses pengolahan datanya dapat lebih cepat. Laptop hidup terus menerus selama proses pengolahan data dan tidak dibuat mode *sleep*.

Global Navigation Satellite System-Inertial Measurement Unit (GNSS-IMU) adalah sistem sensor yang dapat digunakan pada pemotretan udara untuk penentuan posisi (x, y, z) dan orientasi (j, k, w) dari kamera udara saat eksposur atau pada sensor laser (LIDAR) untuk penentuan data yang sama selama pemindaian dari udara berlangsung. Kamera yang terpasang pada drone Merk Dji Phantom

telah terhubung dengan system GNSS-IMU, sehingga orientasi posisi GNSS melalui system GNSS-IMU pada saat pesawat terbang dan melakukan pemotretan, langsung dapat merekam posisi obyek yang difoto secara cepat. Kalibrasi GNSS-IMU dilakukan sebelum proses pemotretan berlangsung, saat akan terbang dilakukan kalibrasi GNSS-IMU.

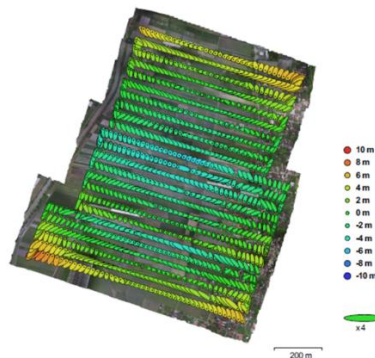
C. Analisa Ketelitian Peta Foto Hasil Pemotretan Drone/UAV

Pemotretan lokasi penelitian dilakukan dengan UAV/drone pada ketinggian 98,1 s.d. 111 m. Cakupan area 1,11 Km² atau 111 Ha dapat dipetakan sebanyak 1.085 lembar foto. Pengolahan hasil pemotretan dengan metode *indirect georeference* dan *direct georeference* dilaksanakan secara bersamaan menggunakan dua laptop. Perangkat laptop yang digunakan untuk penelitian ini tidak memenuhi rekomendasi yang ditetapkan, akibatnya pengolahan data menjadi sangat lama. Hanya satu laptop untuk olah data metode *Indirect Georeference* dan *Direct Georeference* yang memiliki RAM 12 GB, sehingga proses pengolahan datanya dapat lebih cepat. Secara empiris memiliki selisih waktu hingga 1,5 hari lebih cepat. Rincian waktu pengolahan bisa dilihat pada bahasan di bawah ini.

1. Hasil Pengolahan Fotogrametri dengan Metode *Direct Georeference*

Berdasarkan laporan olah data secara *direct georeference* menggunakan *software* AGISOFT PHOTOSCAN PROFESSIONAL VERSION 1.3.2.4205 diperoleh beberapa hasil berikut ini:

- Nilai *Ground Sample Distance* (GSD) hasil pemotretan: 4,38 cm / piksel. Dengan nilai GSD sebesar 4,38 cm berdasarkan hubungan ketelitian peta dan resolusi spasial diperoleh hubungan: $4,38 \text{ cm} \leq S \times 0.2 \text{ mm}$, maka skala peta foto yang dapat dibuat paling optimum adalah 1: 250 atau yang lebih kecil dari 1: 250.
- Lokasi kamera dan estimasi kesalahan ditampilkan pada Gambar 10. Dalam hal ini *Z error* disajikan dalam warna ellipsis, *X, Y errors* dalam bentuk/ukuran ellipsis, dan estimasi lokasi kamera ditandai dengan titik hitam.



Gambar 10. Estimasi Kesalahan Setiap Exposure.

Berdasarkan Gambar 10 di atas, kesalahan X dan Y mencapai - 6 meter sampai dengan + 6 meter.

- c. Kesalahan posisi dalam pemotretan disajikan dalam Tabel 5 berikut ini:

Tabel 5. Nilai Kesalahan Posisi Peta Foto Metode *Direct Georeference*.

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total error (m)
4.9196	4.2076	2.69168	6.47352	7.01082

Sumber: Laporan Pengolahan.

Dari Tabel 5 diperoleh nilai: RMSE_x = 4,9196 meter, RMSE_y = 4,2076 meter, RMSE_z = 2,69168 meter. Maka diperoleh nilai RMSE_r (Posisi Horizontal) = 6,47352 meter. Ketelitian geometri peta dasar menurut Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 adalah kesalahan posisi peta dasar tidak melebihi nilai ketelitian tersebut dengan tingkat kepercayaan 90%. Nilai CE₉₀ dan LE₉₀ dapat diperoleh dengan rumus mengacu kepada standar USNMAS (*United States National Map Accuracy Standards*) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} CE_{90} &= 1,5175 \times RMSE_r \\ &= 1,5175 \times 6,47352 \text{ meter} \\ &= 9,82357 \text{ meter} \\ LE_{90} &= 1,6499 \times RMSE_z \\ &= 1,6499 \times 2,69168 \text{ meter} \\ &= 4,44100 \text{ meter} \end{aligned}$$

Berdasarkan ketelitian geometri peta RBI yang disyaratkan, maka peta foto ini cocok untuk digunakan dalam pembuatan peta dasar pada skala 1:25.000 atau 1:50.000. Apabila digunakan untuk peta dasar pendaftaran dalam rangka kegiatan pendaftaran tanah, ketelitian yang diperoleh di atas toleransi.

- d. Waktu pengolahan:

- 1) *Point Cloud*:

Proses Alignment Parameter

Matching Time = 6 jam 24 menit

Alignment Time = 3 jam 14 menit

Optimization Parameter = 4 menit 55 detik

- 2) *Dense Point Cloud*:

Depth Maps Generation Time = 9 jam 10 menit

Dense Cloud Generation Time = 3 jam 22 menit

- 3) *Pemodelan, Reconstruction*

Parameter = 2 menit 44 detik

- 4) *DEM, Reconstruction Parameter* = 5 menit 54 detik

- 5) *Orthomosaic* = 50 menit 57 detik

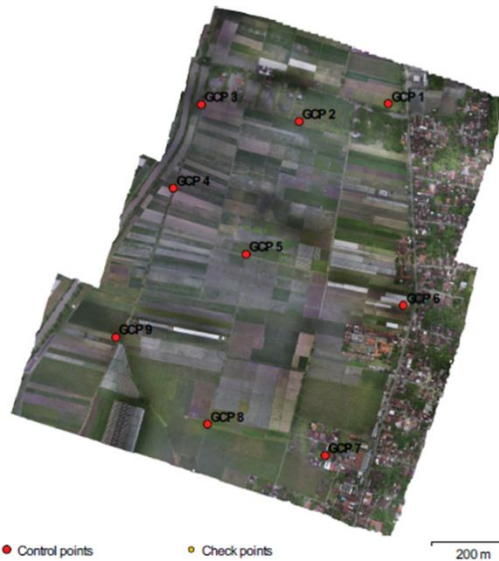
Total Waktu = 23 jam 14 menit 30 detik

Karena spesifikasi hardware yang di bawah standar minimum dari *software* Agisoft, akibatnya proses olah data menjadi lama dan memakan waktu hampir 24 jam.

2. Hasil Pengolahan Fotogrametri dengan Metode *Indirect Georeference*.

Berdasarkan laporan olah data secara *indirect georeference* menggunakan *software* AGISOFT PHOTOSCAN PROFESSIONAL VERSION 1.3.2.4205 diperoleh beberapa hasil berikut ini:

- a. Nilai *Ground Sample Distance* (GSD) hasil pemotretan: 4,38 cm / piksel. Dengan nilai GSD sebesar 4,38 cm berdasarkan Tabel 4 mengenai hubungan ketelitian peta dan resolusi spasial diperoleh hubungan: $4,38 \text{ cm} \leq S \times 0,2 \text{ mm}$, maka skala peta foto yang dapat dibuat paling optimum adalah 1: 250 atau yang lebih kecil dari 1: 250.
- b. Distribusi GCP disajikan pada Gambar 11 di bawah ini:



Gambar 11. Posisi dan Distribusi GCP untuk Proses *Georeference* pada *Indirect Georeference*.

- c. Nilai kesalahan posisi antara *Ground Control Point* (GCP) berdasarkan koordinat lapangan dengan koordinat hasil proses *indirect georeference* dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini.
Tabel. 6. Nilai Kesalahan Koordinat GCP di Lapangan dengan Koordinat GCP Foto.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
GCP 1	-6.82641	-12.8782	-0.546709	14.5858	0.685 (20)
GCP 2	-19.4961	7.31836	5.39572	21.5121	0.909 (21)
GCP 3	-13.1583	10.1642	2.96574	16.8893	0.588 (23)
GCP 4	8.76587	24.2706	-7.03881	26.7478	0.620 (25)
GCP 5	-4.19616	6.77091	4.99376	9.40163	0.983 (26)
GCP 6	-17.1098	-26.0741	-8.62674	32.3578	0.914 (26)
GCP 7	9.38264	-20.8887	4.44548	23.3267	0.698 (27)
GCP 8	23.5054	-6.95328	3.37363	24.7433	0.951 (25)
GCP 9	18.8408	18.4021	-4.7405	26.7598	0.807 (27)
Total	14.8419	16.5355	5.1718	22.8134	0.810

Sumber: Pengolahan Data Primer

- d. Berdasarkan nilai perbedaan koordinat pada Tabel 6, dapat dihitung besaran nilai *Root Mean Square Error* untuk menunjukkan ketelitian geometris peta foto yang akan dibuat dengan menggunakan foto udara tersebut. Nilai total ketelitian geometri peta foto hasil *indirect georeference* dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Nilai Kesalahan Posisi Peta Foto Mode *Indirect Georeference*

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
9	14.8419	16.5355	5.1718	22.2195	22.8134	0.810

Sumber: Pengolahan data primer

Dari Tabel 7 diperoleh nilai: $RMSE_x = 14,8419$ cm, $RMSE_y = 16,5355$ cm, $RMSE_z = 5,1718$ cm. Maka diperoleh nilai $RMSE_r$ (Posisi Horizontal) = 22,2195 cm. $RMSE$ total = 22.8134 cm. Ketelitian geometri peta dasar menurut Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 adalah kesalahan posisi peta dasar tidak melebihi nilai ketelitian tersebut dengan tingkat kepercayaan 90%. Nilai CE_{90} dan LE_{90} dapat diperoleh dengan rumus mengacu kepada standar sebagai-berikut USNMAS (*United States National Map Accuracy Standards*) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 CE_{90} &= 1,5175 \times RMSE_r \\
 &= 1,5175 \times 14,8419 \text{ cm} \\
 &= 22,52258 \text{ cm.} \\
 LE_{90} &= 1,6499 \times RMSE_z \\
 &= 1,6499 \times 5,1718 \text{ cm} \\
 &= 8,53295 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan ketelitian geometri peta RBI, maka peta foto ini cocok untuk digunakan dalam pembuatan peta dasar pada skala 1: 1.000 kelas 2. Apabila digunakan untuk peta dasar pendaftaran dalam rangka kegiatan pendaftaran tanah, ketelitian yang diperoleh masuk toleransi toleransi karena menurut Peraturan Menteri Negara Agraria Nomor 3 Tahun 1997 kesalahan planimetris yang diperbolehkan dari peta dasar pendaftaran yang dijadikan peta pendaftaran adalah kesalahan planimetris $< 0,3 \times$ skala peta. Pada skala 1: 1000 kesalahan maksimum harus kurang dari 30 cm. Berdasarkan tingkat kepercayaan 90% ketelitian geometri yang diperoleh 22,52258 cm, masih di bawah 30 cm, sehingga ketelitian planimetris peta foto pada pengolahan foto udara menggunakan metode *indirect georeference* diterima/masuk toleransi.

- e. Nilai kesalahan *Independent Control Point* (ICP) dapat dilihat pada Tabel 8 berikut ini.

Tabel 8. Nilai Kesalahan ICP pada *Indirect Georeference*.

CODE	KOORDINAT ICP BERDASARKAN FOTO		KOORDINAT ICP BERDASARKAN CORS		dx (meter)	Dy (meter)	dx ₂	dy ₂	RMSE (meter)
	X (m)	Y(m)	X (m)	Y(m)					
ICP 1	156662.65	662225.83	156662.84	662225.668	0.19	-0.162	0.0361	0.026244	0.249688
ICP 4	156822.32	661644.47	156822.172	661644.643	-0.148	0.173	0.021904	0.029929	0.227669
ICP 6	156736.64	661319.64	156736.523	661319.461	-0.117	-0.179	0.013689	0.032041	0.213846

Sumber: Pengolahan data primer.

$\Sigma Dx_2 = 0.023898$; $\Sigma DY_2 = 0.029405$ sehingga diperoleh nilai RMSE total = 0.230873 meter atau 23,0873 cm. Nilai RMSE total lebih besar dari nilai RMSE Total GCP. Tetapi besar nilai ICP masih di bawah toleransi perbedaan posisi untuk pengukuran batas bidang tanah pertanian yaitu sebesar 25 CM. Dari 5 ICP yang tercover dalam lokasi pemotretan hanya ada 4 ICP tetapi ICP nomor 3 ternyata hasil ukuran GNSS CORS *blunder* sehingga tidak dapat digunakan untuk kepentingan kontrol kualitas hasil pemetaan secara fotogrametri menggunakan drone.

- f. Waktu pengolahan:

- 1) *Point Cloud*:
 - a) Proses *Alignment Parameter*
 - Matching Time* = 4 jam 38 menit
 - Alignment Time* = 2 jam 9 menit
 - b) *Optimization Parameter* = 2 menit 20 detik
- 2) *Dense Point Cloud*
 - a) *Depth Maps generation time* = 1 hari 7 jam
 - b) *Dense Cloud generation time* = 21 jam 47 menit
- 3) *Pemodelan, Reconstruction parameter* = 15 menit 37 detik
- 4) *DEM, Reconstruction Parameter* = 6 menit 42 detik

5) Orthomosaic = 57 menit 45 detik
 Total Waktu = 2 hari 12 jam
 56 menit 24 detik

Dapat disimpulkan bahwa proses *Point Cloud* pada proses *Indirect Georeference* memakan waktu lebih cepat daripada proses *Direct Georeference*. Sedangkan proses *Dense Point Cloud* dengan metode *Indirect Georeference* membutuhkan waktu jauh lebih lama dibandingkan metode *Direct Georeference* dengan selisih waktu hingga puluhan jam. Hal ini dapat dipahami dalam proses *Indirect Georeference*, dalam proses *Dense Point Cloud* terjadi pendefinisian ulang posisi setiap titik yang ada di foto disesuaikan dengan sistem koordinat GCP. Untuk proses Permodelan, DEM, dan *Orthomosaic* relatif sama.

D. Analisa Hasil Fotogrametri Metode *Direct Georeference* Terhadap Hasil Ukuran Terestris

Hasil ukuran terestris dipetakan dengan menggunakan software AutoCAD, untuk mendapatkan peta bidang tanah yang dihasilkan dari hasil ukuran terestris. Data inilah yang digunakan untuk membandingkan hasil pemetaan bidang dengan metode fotogrametri dan plotting di atas peta geoKKP. Sebelum mengkaji nilai perbedaan koordinat dari masing-masing titik, dilakukan perubahan sistem koordinat dari sistem koordinat geografis ke sistem koordinat nasional yaitu TM- 3⁰. Perbedaan hasil ukuran terestris yang terikat GCP/ICP terhadap peta foto hasil *Direct Georeferencing* disajikan dalam Tabel 9 di bawah ini:

Tabel 9. Perbandingan Posisi Batas Bidang Tanah Hasil Digitasi Peta Foto Hasil *Direct Georeference* dan Terestris

NO	Hasil Digitasi Peta Foto		Ukuran Terestris TS		Beda Koordinat		Lateral dan Arah	
	X(meter)	Y (Meter)	X (Meter)	Y (Meter)	X(meter)	Y(Meter)	FL (Meter)	Arah Pergeseran
	BLOK I							
1	156623.6204	662202.7329	156626.4132	662198.8046	-2.7928	3.9283	4.819883062	144.5893171
2	156621.2773	662192.3654	156623.8378	662188.5417	-2.5605	3.8237	4.601830282	146.1921786
3	156617.9096	662180.566	156620.5562	662177.1488	-2.6466	3.4172	4.322238702	142.2424422
4	156615.984	662173.8192	156618.5755	662169.8461	-2.5915	3.9731	4.743563625	146.885139
5	156619.7308	662169.9484	156622.2126	662166.1094	-2.4818	3.839	4.571351249	147.1185264
6	156765.3594	662164.5274	156768.6945	662162.6368	-3.3351	1.8906	3.83370061	119.5480142
7	156762.79	662153.7578	156765.9878	662152.3416	-3.1978	1.4162	3.497362904	113.8869707
8	156895.8793	662120.0827	156899.438	662120.7662	-3.5587	-0.6835	3.623743636	259.1279095
9	156893.7269	662106.9762	156897.2156	662107.5772	-3.4887	-0.601	3.540088797	260.2255677

10	156892.1089	662096.8096	156895.5427	662097.6373	-3.4338	-0.8277	3.532148033	256.4476721
	BLOK II							
1	156841.6459	661742.517	156841.7563	661746.4447	-0.1104	-3.9277	3.929251258	181.6100489
2	156839.2885	661729.5784	156839.2346	661733.2555	0.0539	-3.6771	3.67749502	179.160202
3	156836.8787	661716.2816	156836.7023	661720.0635	0.1764	-3.7819	3.786011697	177.3294758
4	156835.6651	661709.6894	156835.418	661713.6105	0.2471	-3.9211	3.928878163	176.3941011
5	156942.2181	661687.9484	156942.2252	661693.4435	-0.0071	-5.4951	5.495104587	180.0740296
6	157054.8446	661664.498	157054.8797	661671.8427	-0.0351	-7.3447	7.34478387	180.2738119
7	157056.0751	661671.2942	157056.5227	661678.4216	-0.4476	-7.1274	7.141440787	183.5934501
8	156943.17	661694.204	156943.9426	661699.5286	-0.7726	-5.3246	5.380360203	188.2560044
9	156946.0857	661707.5589	156946.8335	661712.9086	-0.7478	-5.3497	5.401712222	187.9574462
10	157058.2777	661684.0973	157060.1235	661690.8636	-1.8458	-6.7663	7.013543564	195.2586295
11	157060.5412	661696.4269	157061.421	661703.4858	-0.8798	-7.0589	7.113516518	187.1045361
	BLOK III							
1	156357.8972	661601.197	156355.2992	661600.2666	2.598	0.9304	2.75973909	250.2964556
2	156353.5217	661572.3681	156350.0367	661570.3971	3.485	1.971	4.003756486	240.5089445
3	156314.2087	661579.4892	156311.4413	661578.1639	2.7674	1.3253	3.068374627	244.410372
4	156320.2104	661555.3911	156317.657	661554.4061	2.5534	0.985	2.736800424	248.9053724
5	156351.9771	661548.0605	156348.5072	661547.5169	3.4699	0.5436	3.512222511	261.0963228
6	156566.3423	661502.6538	156562.4162	661504.6849	3.9261	-2.0311	4.420365191	117.3540045
7	156577.5141	661555.4546	156574.9841	661556.8866	2.53	-1.432	2.907150495	119.5102041

Sumber: pengolahan data primer.

Perbedaan nilai X dan Y dari tiap titik sangat bervariasi dan memiliki selisih dalam kisaran cm hingga meter. Sedangkan nilai pergeseran lateral antara 2 s.d. 8 meter dengan azimuth antara 110° s.d. 270° . Nilai pergeseran terkecil sebesar 2,759573909 meter dan nilai pergeseran terbesar 7,34478387 meter. Nilai rata-rata pergeseran lateral 4,45379473 meter dengan arah rata-rata 186.977041° atau $180^{\circ}58'37,35''$. Dengan nilai perbedaan secara lateral rata-rata 4,45379437 meter, jika ukuran terestris sebagai nilai yang benar. Toleransi perbedaan yang diperbolehkan menurut Petunjuk Teknis Pengukuran dan Pemetaan Dalam Rangka Pendaftaran Tanah menurut Peraturan Menteri Negara Agraria dalam pembuatan peta pendaftaran kesalahan planimetris adalah tidak boleh lebih dari 0,3 mm x skala peta. Jika skala peta yang dihasilkan 1: 1000, maka toleransi maksimum 30 cm, maka dengan demikian peta foto metode *direct georeference* tidak masuk toleransi karena perbedaan posisi secara lateral mencapai 4,45379437 meter. Hal ini berarti peta foto hasil pengolahan dengan menggunakan metode *direct georeference* tidak memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai peta pendaftaran yang

akan digunakan sebagai media pengukuran dan pemetaan metode fotogrametri.

E. Analisa Hasil Fotogrametri Metode *Indirect Georeference* terhadap Hasil Ukuran Terestris

Perbedaan hasil ukuran terestris yang terikat GCP/ICP terhadap Peta Foto hasil *Indirect Georeferencing* dapat dilihat pada Tabel 10 berikut ini:

Tabel 10. Perbandingan Posisi Batas Bidang Tanah Hasil Digitasi Peta Foto Hasil *Indirect Georeferencing*

NO	Ukuran Terestris TS Hasil		Digitasi Peta Foto		Beda Koordinat		Lateral dan Arah	
	X(Meter)	Y(Meter)	X(Meter)	Y(Meter)	dX (Meter)	dY (Meter)	FL (Meter)	Arah Pergeseran
	BLOK I							
1	156626.41	662198.8	156626.4	662198.78	-0.01	-0.02	0.02236068	206.5650512
2	156618.58	662169.85	156618.79	662170.09	0.21	0.24	0.318904374	41.18592517
3	156622.21	662166.11	156622.4	662166.34	0.19	0.23	0.298328678	39.55966797
4	156761.17	662131.48	156761.2	662131.63	0.03	0.15	0.152970585	11.30993247
5	156895.54	662097.64	156895.4	662097.56	-0.14	-0.08	0.161245155	60.25511872
6	156897.22	662107.58	156897.14	662107.6	-0.08	0.02	0.082462113	284.0362435
7	156899.44	662120.77	156899.36	662120.94	-0.08	0.17	0.187882942	334.7988763
8	156765.99	662152.34	156765.89	662152.5	-0.1	0.16	0.188679623	327.9946168
9	156768.69	662162.64	156768.7	662163.12	0.01	0.48	0.480104155	1.193489425
	BLOK II							
1	156841.76	661746.44	156841.76	661746.44	0	0	0	0
2	156839.23	661733.26	156839.23	661733.26	0	0	0	0
3	156836.7	661720.06	156836.7	661720.06	0	0	0	0
4	156835.42	661713.61	156835.42	661713.61	0	0	0	0
5	156942.23	661693.44	156942.22	661693.36	-0.01	-0.08	0.080622577	7.125016359
6	157054.88	661671.84	157054.66	661671.47	-0.22	-0.37	0.430464865	30.7354877
7	157056.52	661678.42	157056.4	661678.19	-0.12	-0.23	0.259422436	27.5528157
8	157060.12	661690.86	157060.12	661690.86	0	0	0	0
9	157061.42	661703.49	157061.42	661703.49	0	0	0	0
	BLOK III							
1	156355.3	661600.27	156355.28	661600.61	-0.02	0.34	0.340587727	176.6335393
2	156350.04	661570.4	156350.27	661570.75	0.23	0.35	0.418807832	33.31063082
3	156311.44	661578.16	156311.8	661578.55	-0.26	0.39	0.468721666	146.3099325
4	156317.66	661554.41	156317.56	661554.77	-0.1	0.36	0.373630834	164.475889
5	156348.51	661547.52	156349.12	661548.38	0.61	0.86	1.054371851	35.34816653

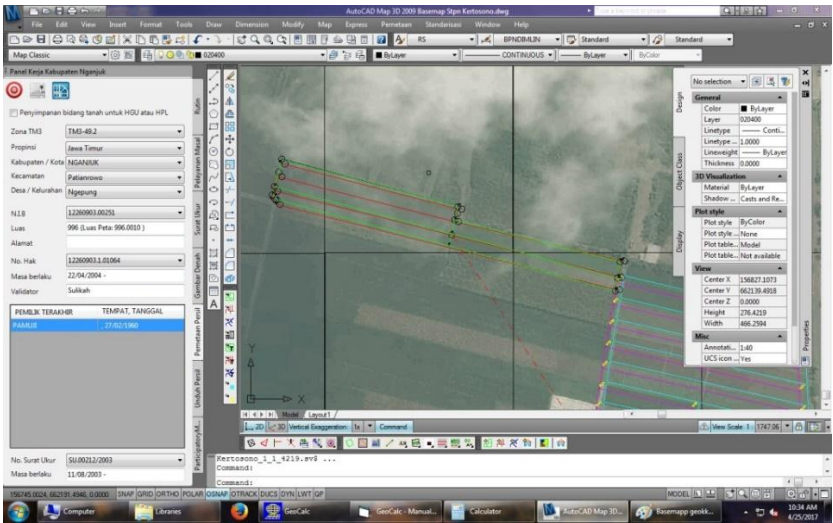
6	156562.42	661504.68	156563.07	661505.51	0.65	0.83	1.054229576	38.0656511
7	156574.98	661556.89	156575.38	661556.91	0.4	0.02	0.400499688	87.13759477

Sumber: pengolahan data primer.

Perbedaan nilai X dan Y dari tiap titik secara umum memiliki selisih dalam kisaran cm hingga desimeter dan hanya 2 titik yang memiliki selisih nilai Y sekitar 1 meter. Sedangkan nilai pergeseran lateral antara 0 cm s.d. 1 meter dengan azimuth yang variatif. Nilai pergeseran terkecil sebesar 0 cm dan nilai pergeseran terbesar 1,054371851 meter. Nilai pergeseran terbesar ini diatas 1 meter dapat terjadi karena dua hal: salah dalam identifikasi batas bidang di atas foto atau memang karena ketelitian foto pada lokasi tersebut bermasalah. Tetapi mengingat di sekitar titik tersebut nilai lateral masih di bawah fraksi meter maka dapat dikatakan terjadi kesalahan identifikasi pada titik tersebut. Nilai rata-rata pergeseran lateral 0,270971894 meter atau 27,09 cm dengan arah rata-rata $82,14374565^\circ$ atau $82^\circ 08' 37,48''$. Dengan nilai perbedaan secara lateral rata-rata 27,09 cm, jika ukuran terestris sebagai nilai yang benar. Adapun toleransi perbedaan yang diperbolehkan menurut Petunjuk Teknis Pengukuran dan Pemetaan Dalam Rangka Pendaftaran Tanah menurut Peraturan Menteri Negara Agraria dalam pembuatan peta pendaftaran kesalahan planimetris adalah tidak boleh lebih dari 0,3 mm x skala peta. Jika skala peta yang dihasilkan 1: 1000, maka toleransi maksimum 30 cm, maka dengan demikian peta foto metode *indirect georeference* masuk toleransi artinya memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai peta pendaftaran yang akan digunakan sebagai media pengukuran dan pemetaan metode fotogrametri. Berdasarkan nilai perbedaan koordinat dan pergeseran lateral antara ukuran terestris dengan digitasi peta foto hasil *direct georeference* dan *indirect georeference*, maka metode *indirect georeference* menghasilkan ketelitian yang lebih baik.

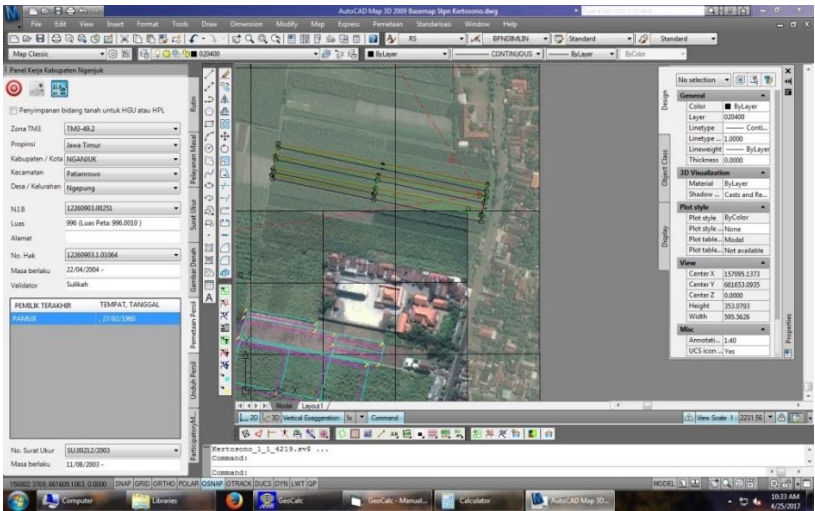
F. Analisa Peta Foto Hasil Pemotretan Drone /UAV dengan *Base Map* GEO KKP

Dari hasil digitasi batas bidang tanah Blok I dan Blok II bidang tanah pada peta foto hasil dari proses secara *direct georeference* dan *indirect georeference* dilakukan *plotting* pada *base map* GeoKKP Kantor Pertanahan Kabupaten Nganjuk. Selain *plotting* batas bidang tanah hasil digitasi pada peta foto yang melalui proses *direct georeference* dan *indirect georeference* pada *base map* GeoKKP, juga hasil ukuran terestris menggunakan *Total Station* dilakukan *plotting* pada *base map* Geo KKP. Hasil *plotting*: hasil digitasi peta foto hasil *direct georeference*, *indirect georeference* dan ukuran terestris menggunakan *Total Station* dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13 berikut ini.



Sumber: Pengolahan data primer

Gambar 12. Plotting Hasil Digitasi Bidang Tanah Blok I dan Ukuran Terestris *Total Station* pada *Base Map* GeoKKP.



Sumber: Pengolahan data primer

Gambar 13. Plotting Hasil Digitasi Bidang Tanah Blok II dan Ukuran Terestris *Total Station* pada *Base Map* GeoKKP.

Dari Gambar 12 dan Gambar 13, batas bidang tanah hasil ukuran terestris diberi warna merah, hasil dari digitasi pada peta foto *direct georeference* menggunakan warna biru, hasil digitasi pada peta foto *indirect georeference* menggunakan warna kuning dan hasil digitasi pada base map menggunakan warna hijau. Ternyata hasil plotting hasil ukuran terestris,

digitasi pada peta foto *direct georeference*, digitasi peta foto *indirect georeference* dan digitasi *base map* GEOKKP tidak ada yang 100% berimpit, ditemukan perbedaan posisi. Hasil *plotting* digitasi peta foto yang melalui proses *direct georeference*, *indirect georeference* dan juga hasil ukuran terestris menggunakan *Total Station* pada *base map* Geo KKP wilayah kerja Kantor Pertanahan Kabupaten Nganjuk dapat dilihat pada Tabel 11 berikut ini.

Tabel 11. Hasil *plotting* digitasi peta foto yang melalui proses *Direct Georeference*, *Indirect Georeference* dan juga hasil ukuran terestris menggunakan *Total Station* Blok I dan Blok II pada *Base Map* GeoKKP Kantor Pertanahan Kabupaten Nganjuk.

No.	Sumber data Plotting	Perbedaan Posisi Secara Lateral (meter)	Keterangan
1	Digitasi Batas Bidang Tanah Peta Foto hasil metode Direct Georeference.	0,006 s/d 7,13	Distribusi perbedaan posisi batas bidang tanah tidak merata dan sangat variatif.
2	Digitasi Batas Bidang Tanah Peta Foto hasil metode Indirect Georeference.	1,17 s/d 3,69	Distribusi perbedaan posisi batas bidang tanah tidak merata dan sangat variatif.
3	Digitasi Batas Bidang Tanah hasil ukuran terestris menggunakan Total Station.	0,99 s/d 3,97	Distribusi perbedaan posisi batas bidang tanah tidak merata dan sangat variatif.

Sumber: Pengolahan Data Primer.

Berdasarkan Tabel 11 tersebut perbedaan posisi secara lateral yang bersumber pada hasil *plotting* digitasi peta foto yang melalui proses *direct georeference*, *indirect georeference* dan hasil ukuran terestris menggunakan *Total Station* memiliki nilai yang beragam mulai fraksi millimeter sampai dengan meter. Nilai perbedaan posisi secara lateral terkecil sekaligus terbesar diperoleh dari hasil digitasi batas bidang tanah pada peta foto metode *direct georeference* tepat pada *base map* GeoKKP. Bahkan untuk sumber data *plotting* dari digitasi batas bidang tanah peta foto hasil metode *indirect georeference* dan hasil ukuran terestris menggunakan terdapat kemiripan besar perbedaan posisi secara lateral yaitu 0,99 sampai dengan 3,97 meter. Rentang digitasi batas bidang tanah peta foto metode *indirect georeference* berada dalam rentang hasil ukuran terestris menggunakan *Total Station*.

Berdasarkan keterangan dari petugas ukur Kantor Pertanahan Kabupaten Nganjuk, dalam memetakan hasil ukuran batas bidang tanah

pada *base map* GeoKKP, jika hasil ukuran di lapangan langsung di plotkan pada *base map* GeoKKP pasti tidak akan tepat sesuai kenampakan batas bidang tanah secara visual pada citra satelit yang merupakan *base map* GeoKKP. Metode pengukuran yang dilaksanakan menggunakan metode pengamatan GNSS dan GNSS-CORS maupun secara terestris. Untuk menepatkan batas bidang tanah pada *base map* GeoKKP, petugas ukur melakukan proses translasi dan rotasi hasil ukuran tersebut hingga tepat pada kenampakan identifikasi batas bidang tanah yang tampak secara visual pada citra satelit yang merupakan *base map* GeoKKP. Besarnya translasi dan rotasi tidak konsisten dan cenderung acak. Maka dengan demikian ketelitian *base map* GeoKKP masih dipertanyakan, bahkan sumber citra *base map* GeoKKP menurut petugas pemetaan berasal dari bing (setara dengan *Google Earth*).

Dengan perbedaan nilai posisi yang diwujudkan dalam jarak lateral cukup besar, maka *base map* GeoKKP diragukan ketelitiannya geometri. Perbedaan posisi antara *Base Map* GeoKKP dengan ukuran terestris yang terikat dengan *Base Station* GNSS-CORS Kantor Pertanahan Kabupaten Jombang cukup besar berkisar antara 0,99 sampai dengan 3,97 meter. Maka dapat dipastikan ketelitian geometri citra satelit yang dipergunakan sebagai *base map* GeoKKP rendah/kurang baik. Maka untuk itu perlu dilakukan perbaikan kualitas *base map* GeoKKP. Kesalahan dapat terjadi akibat dari proses rektifikasi *base map* GeoKKP tersebut atau terjadi perbedaan datum yang digunakan untuk proses rektifikasi tersebut.

Blok III tidak dapat dilakukan plotting karena identifikasi batas bidang tanah pada *base map* GeoKKP tidak bisa dilakukan karena secara visual kenampakan batas bidang tanah yang tidak jelas pada citra yang digunakan sebagai *base map* GeoKKP. Citra tersebut memiliki resolusi spasial yang rendah.

G. Kesimpulan

1. Pemotretan pada cakupan area 1,11 Km atau 111 Ha dapat dilakukan 3 kali penerbangan menggunakan UAV/drone type *Quadcopter* merek *Dji Phantom 3 Profesional* terbang pada ketinggian 98,1 s.d. 111 m, diperoleh nilai *Ground Sample Distance* (resolusi spasial) sebesar 4,38 cm / piksel dan sebanyak 1.085 lembar foto.
2. Berdasarkan nilai *Ground Sample Distance* atau resolusi spasial yang diperoleh secara kualitas visual citra dapat dibuat peta dengan skala peta foto paling optimum adalah 1: 250 atau yang lebih kecil dari 1: 250.
3. Berdasarkan ketelitian geometri peta dasar menurut Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 yang merujuk nilai CE₉₀ dan LE₉₀, diperoleh nilai sebagai berikut:
 - a. Metode *Direct Georeference*: CE₉₀ = 9,82357 meter dan LE₉₀ = 4,44100 meter, sehingga sesuai untuk pembuatan peta skala 1:25.000 atau 1:50.000.
 - b. Metode *Indirect Georeference*: CE₉₀ = 22,52258 cm dan LE₉₀ = 8,53295 cm, sehingga sesuai untuk pembuatan peta skala 1:1.000

- kelas 2.
- c. Nilai ICP pada metode *Indirect Georeference* memiliki nilai RMSE total = 23,0873 cm
 4. Berdasarkan ketelitian geometri yang disyaratkan oleh Peraturan Menteri Negara Agraria Nomor 3 Tahun 1997, khususnya syarat peta pendaftaran maka peta foto hasil metode *Indirect Georeference* dapat digunakan untuk peta pendaftaran sedangkan metode *Direct Georeference* ditolak.
 5. Terdapat ketidaksesuaian posisi dengan nilai yang beragam antara hasil pemetaan menggunakan peta foto hasil pengolahan secara *Direct Georeference*, *Indirect Georeference*, dan ukuran langsung secara terestris dengan *base map* GeoKKP Kantor Pertanahan Kabupaten Nganjuk.

H. Saran

1. Proses pengolahan orthofoto untuk kepentingan pendaftaran tanah sebaiknya menggunakan metode *Indirect Georeferencing*.
2. Batas bidang tanah di pasang *premark* dengan ukuran panjang sayap 40 cm dan lebar sayap 20 cm akan memudahkan identifikasi batas bidang tanah secara tepat dan teliti.
3. Pengolahan data sebaiknya menggunakan *hardware* yang sesuai spesifikasi yang disarankan oleh *software* tersebut.
4. Perlu adanya penelitian tersendiri terkait dengan ketelitian geometri *base map* GeoKKP Kantor Pertanahan Kabupaten Nganjuk.

DAFTAR PUSTAKA

- David P. Pain, 1993, *Fotografi Udara Dan Penafsiran Citra Untuk Pengelolaan Sumber Daya*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- F Sri Hardiyanti Purwadhi, 2001, *Interpretasi Citra Digital*, Grasindo, Jakarta.
- Francis H. Moffit, 1980, *Photogrammetry*, Third Edition, Harper & Row, Publisher, New York.
- Paul R. WOLF, 1993, *Elemen Fotogrametri*, Edisi kedua, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Wolfram Klaar, Fahmi Anhar, 2001, *Kosep Proses Tata Ruang & Teknologi Pemetaan Tata Ruang*, Pusat Pemetaan Dasar Rupa Bumi dan Tata Ruang, BAKOSURTANAL, Cibinong.
- Aldino Rizaldy, Wildan Firdaus, 2012, "Direct Georeferencing: A New Standard in Photogrammetry for High Accuracy Mapping", *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume Xxxix-B1, 2012 Xxii Isprs Congress, 25 August – 01 September 2012, Melbourne, Australia.
- Petr Gabrlik, 2015, "The Use of Direct Georeferencing in Aerial Photogrammetry with Micro UAV", *IFAC-Papers on Line* 48-4 (2015) 380–385.
- Michael Cramer, Dirk Stallmann and Norbert Haala, 2000, "Direct Georeferencing Using GPS/Inertial Exterior Orientations for Photogrammetric Applications", *IAPRS*, Vol. XXXIII, Amsterdam.
- F. Yildiz, S. Y. Oturanc, 2014, "An Investigation of Direct and Indirect Georeferencing Techniques on the Accuracy of Points in Photogrammetry", *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering* Vol:8, No:9, 2014.
- Undang – Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial.
- Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah.

Peraturan Menteri Negara Agraria Nomor 3 Tahun 1997 tentang
Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun
1997 Tentang Pendaftaran Tanah.

Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014
Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.