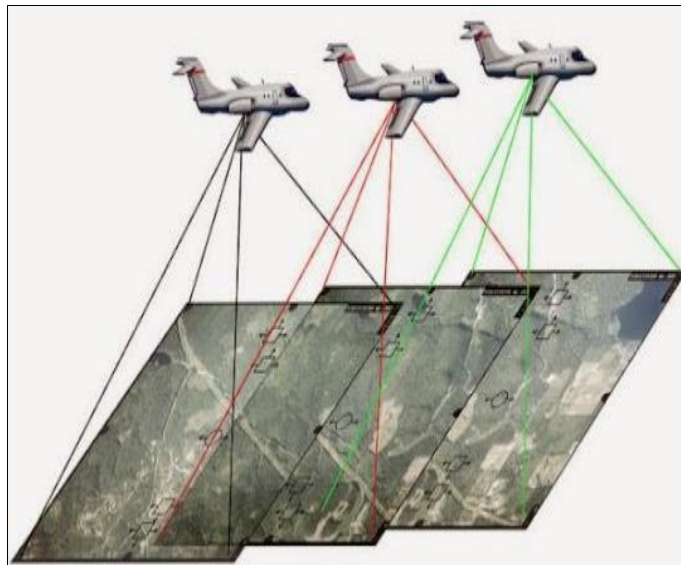


BAB II

DASAR TEORI

2.1 Foto Udara

Foto udara merupakan foto hasil pemotretan udara dengan ketinggian tertentu menggunakan UAV, pesawat terbang, balon udara dan wahana lainnya. Foto udara biasa digunakan dalam bidang geografi dalam mengambil objek, bentuk topografi, ataupun model permukaan bumi yang diambil dengan alat berupa kamera. Pemotretan dengan wahana foto udara dilakukan dengan menentukan area yang akan di potret, menentukan jalur penerbangan, menentukan arah penerbangan, dan pengaturan sudut untuk pemotretan (Tjahjadi dkk, 2016).



Gambar 2. 1 Foto Udara (sumber: arfighif.blogspot.com/2014)

Fotogrametri merupakan seni, ilmu, dan teknologi perolehan informasi tentang obyek fisik dan lingkungan melalui proses perekaman, pengukuran, dan penafsiran foto udara. Istilah Fotogrametri berasal dari kata photos (sinar), gramma (sesuatu yang tergambar) dan metron (mengukur). Fotogrametri adalah ilmu untuk memperoleh informasi dari suatu objek melalui proses pencatatan, pengukuran, dan interpretasi fotografis dimana aspek-aspek geometrik dari foto udara seperti sudut, jarak, koordinat, dan sebagainya merupakan faktor utama (Wolf, 1993).

Hasil dari fotogrametri adalah foto udara. Pemetaan fotogrametri menggunakan foto udara sebagai sumber data utamanya. Kualitas peta atau informasi yang dihasilkan sangat tergantung dari kualitas metrik maupun kualitas gambar (*pictorial quality*) sumber data tersebut. Pengadaan foto udara biasanya bertitik tolak dari tujuan peruntukannya (Dwi dan

Rokhmana, 2019).

2.2 Kamera

Kamera adalah perangkat optik yang berfungsi untuk menangkap gambar dengan merekam cahaya yang dipantulkan dari objek. Dalam konteks pemetaan foto udara, kamera berperan sebagai alat utama untuk mengakuisisi citra permukaan bumi dari ketinggian tertentu. Pentingnya penggunaan kamera dalam pemetaan foto udara terletak pada kualitas dan akurasi citra yang dihasilkan, yang secara langsung mempengaruhi hasil akhir pemetaan. Kamera menyediakan data visual yang krusial untuk analisis geospasial. Terdapat berbagai jenis kamera yang tersedia, memungkinkan pengguna untuk memilih alat yang paling sesuai dengan kebutuhan spesifik mereka dalam survei dan pemetaan. Kualitas gambar dan akurasi penentuan posisi sangat berpengaruh terhadap keberhasilan proyek pemetaan, sehingga pemilihan kamera dan teknik pengolahan data menjadi elemen penting dalam proses ini. Dalam penelitian ini, kamera yang digunakan adalah Sony a6000 dengan tipe fix lens dan lensa 20 mm kamera ini juga dilengkapi dengan sensor APS-C berukuran 23,5 mm x 12.6 mm. Jumlah piksel yang

dimiliki kamera tipe ini sebesar 24 MP dan ukuran perpixel sebesar 0,004 mm yang didapat dari lebar sensor dibagi dengan jumlah piksel horizontal.



Gambar 2. 2 Kamera Sony a6000 Dengan Lensa 20 mm (sumber Pribadi)

Dalam konteks foto udara, *Sony Cyber-shot DSC-RX1* digunakan untuk menangkap gambar berkualitas tinggi dari udara, misalnya dari drone atau pesawat kecil. Kamera ini menawarkan detail yang sangat baik, ideal untuk pembuatan peta, pemantauan, atau analisis visual yang membutuhkan ketajaman. Namun, lensa tetap dan ketiadaan stabilisasi membuatnya kurang fleksibel dan bisa terpengaruh oleh getaran. Keunggulannya tetap terletak pada hasil gambar yang tajam, terutama dalam proyek-proyek di mana detail visual sangat penting, seperti pemetaan geospasial atau dokumentasi lanskap.

2.3 Ground Sampling Distance (GSD)

Ground Sampling Distance atau GSD adalah parameter penting dalam fotogrametri dan pemetaan foto udara yang mengukur resolusi spasial dari citra yang dihasilkan. GSD menunjukkan jarak fisik antara dua piksel berturut-turut pada citra udara, yang merepresentasikan area sebenarnya di permukaan bumi (Lamia, 2022). Dengan kata lain, GSD mengindikasikan seberapa besar area permukaan yang dicakup oleh satu piksel dalam citra, diukur dalam satuan panjang seperti meter atau sentimeter per piksel. Salah satu faktor utama yang mempengaruhi GSD adalah ketinggian terbang saat pengambilan gambar. Semakin tinggi pesawat atau *drone* terbang, semakin

besar area yang dicakup oleh setiap piksel, sehingga nilai GSD meningkat. Sebaliknya, penerbangan pada ketinggian rendah akan menghasilkan GSD yang lebih kecil dan citra dengan resolusi lebih tinggi. GSD berperan krusial dalam menentukan kualitas dan akurasi data yang dihasilkan dari survei foto udara. Nilai GSD yang lebih kecil memungkinkan identifikasi objek yang lebih kecil dan fitur permukaan yang lebih halus. Misalnya, dalam survei pemetaan lahan, GSD yang rendah memungkinkan pengidentifikasian batas lahan dengan lebih akurat dan penentuan fitur topografi secara detail. GSD dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$GSD = \frac{h}{f} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana , h merupakan tinggi terbang, sedangkan p merupakan ukuran fisik dari 1 piksel, dan f adalah Panjang fokus lensa. Untuk penelitian ini tinggi terbang drone adalah 300 m, ukuran 1 pikselnya 0,004 mm, dan fokus lensanya sebesar 20 mm, maka dalam perencanaan pengukuran penelitian ini GSDnya seperti berikut.

Dari nilai GSD yang diketahui maka bisa menentukan brapa skala yang bisa digunakan dari nilai GSD tersebut, dilansir dari Peraturan BIG no1 Tahun 2020 skala peta yang digunakan dari nilai GSD yang sudah diketahui adalah sebagai berikut: Syarat penggunaan skala berdasarkan nilai GSD

(Peraturan BIG no 1, 2020)

Tabel 2. 1 Skala Peta Dasar

Skala Peta Dasar	Nilai GSD (cm)
1:10.000	≤ 15
1:5.000	≤ 10
1:2.500	≤ 5
1:1.000	≤ 3

2.4 Orthophoto

Orthophoto terbentuk gambar kenampakan, sedangkan peta menggunakan garis dan simbol yang digambarkan sesuai dengan skala untuk mencerminkan kenampakan. Orthophoto dapat digunakan sebagai peta untuk melakukan pengukuran langsung atas jarak, sudut, posisi, dan daerah tanpa melakukan koreksi bagi pergeseran letak gambar, dalam proses peniadaan pergeseran letak



Gambar 2. 3 Orthophoto(sumber indoatlas.2016)

oleh relief pada sembarang foto, variasi skala harus dihapus sehingga skala menjadi sama bagi seluruh foto (Mustofa Arafah dkk, 2016). Untuk dapat digunakan sebagai peta Orthophoto terlebih dahulu harus melewati proses koreksi geometris atau rektifikasi sehingga skala dan orientasinya seragam satu dengan yang lainnya. Setelah dilakukan koreksi geometris tahapan selanjutnya adalah georeferencing yang merupakan proses pentautan data spasial. Data spasial biasanya berasal dari pengukuran GPS pada *Ground Control Point (GCP)*

. Setelah orthophoto ter-georeferenced maka orthophoto dapat digunakan sebagai peta yang memenuhi syarat (Sasono, A. P. 2019).

Kualitas hasil orthophoto tidak terlepas dari adanya titik koordinat GCP yang diukur dilokasi pengambilan data foto udara. Untuk mendapatkan nilai ketelitian yang tinggi hal yang perlu diperhatikan yaitu jenis GPS *receiver* yang digunakan untuk dalam metode akuisisi data dan metode pengolahan data, orthophoto dapat didefinisikan sebagai foto yang

menyajikan gambaran objek pada posisi orthografik yang benar (Mustofa Arafah dkk, 2016).

2.4 Fixed-Lens dan Zoom-Lens

Defrian Krisnasurya & Ruli Andaru (UGM, 2024)

Tabel 2. 2 Karakteristik Internal Kamera dan Lensa

Parameter	Penjelasan	Lensa (<i>Fixed</i>)	Lensa <i>Zoom</i>
<i>Focal length</i> (fx, fy)	Panjang fokus efektif kamera (piksel)	Nilai stabil di semua gambar	Berubah-ubah tergantung posisi zoom
<i>Principal point</i> (cx, cy)	Titik tengah proyeksi optik pada sensor	Konsisten, sedikit variasi	Dapat bergeser saat zoom in/out
<i>Distortion coefficients</i> (k1, k2, p1, p2, k3)	Distorsi radial dan tangensial lensa	Nilainya relatif kecil dan stabil	Nilainya lebih besar dan berubah saat zoom
<i>Skew coefficient</i>	Ketidaksejajaran sumbu piksel	Biasanya 0 atau kecil	Dapat sedikit berubah pada posisi zoom ekstrem

- Jika nilai-nilai di atas tidak berubah signifikan pada berbagai jarak atau pengambilan gambar, maka lensa tersebut termasuk *Fixed-Lens*.
- Namun jika nilai-nilai parameter berubah setiap kali dilakukan pengaturan zoom atau fokus, maka lensa tersebut adalah *Zoom-Lens*.

Penjelasan terkait Parameter Fixed-Lens dan Zoom-Lens

- *Focal length* (fx, fy)
 - *Focal length* (panjang fokus) menggambarkan jarak antara pusat optik lensa dan bidang sensor kamera.

- Dalam hasil kalibrasi, nilai ini direpresentasikan dalam satuan piksel sebagai f_x dan f_y , yang merupakan panjang fokus dalam arah sumbu x dan y pada sensor.
- *Principal point* (c_x, c_y)
 - Titik pusat proyeksi optik pada sensor kamera, yaitu titik tempat sumbu optik lensa menembus bidang gambar.
 - Dalam gambar digital, titik ini biasanya berada dekat dengan pusat sensor.
 - Dalam kalibrasi, koordinat ini dinyatakan dalam piksel (c_x, c_y).
- *Distortion coefficients* (k_1, k_2, p_1, p_2, k_3)
 - Parameter ini menggambarkan penyimpangan optik (distorsi) dari sistem lensa terhadap bentuk proyeksi ideal.
 - Ada dua jenis utama:
 - Radial distortion* (k_1, k_2, k_3): menyebabkan garis lurus tampak melengkung (*barrel* atau *pincushion*).
 - Tangential distortion* (p_1, p_2): disebabkan oleh ketidaksejajaran antara lensa dan sensor kamera.
- *Skew coefficient*
 - Menunjukkan ketidaksejajaran sumbu piksel X dan Y pada sensor kamera.
 - Dalam kamera modern, piksel biasanya berbentuk persegi, sehingga nilai skew mendekati nol.

2.5 Ground Control Point (GCP)

Ground Control Point) GCP atau titik kontrol tanah adalah proses penandaan lokasi yang berkoordinat berupa sejumlah titik yang diperlukan untuk kegiatan mengkoreksi data dan memperbaiki keseluruhan citra yang akhirnya disebut sebagai proses rektifikasi. Dan sebagai titik kontrol di lapangan untuk mentransformasikan sistem koordinat udara dengan sistem koordinat tanah suatu objek yang dipetakan. Tingkat akurasi GCP sangat

tergantung pada jenis GPS (*Global Positioning System*) yang digunakan dan jumlah sampel GCP terhadap lokasi dan waktu pengambilan (Hasyim, 2009).

Menurut Syarifa (2016) *GCP (Ground Control Point)* memiliki peran penting untuk mengoreksi data dan memperbaiki keseluruhan citra. *GCP* sangat diperlukan dalam pengolahan foto udara, karna *GCP* mempunyai fungsi sebagai berikut :Selain fungsi utama tersebut, *GCP* juga berfungsi sebagai :

1. Faktor penentu ketelitian geometris hasil olah foto (misalnya Orthophoto, *DSM*, *DTM*). Semakin teliti *GCP* maka akan semakin baik pula ketelitian geometris hasil dari pengolahan foto udara tersebut.
2. Mempermudah proses orientasi relatif antar foto.
3. Mengoreksi hasil olah foto udara yang berupa ball effect (kesalahan yang mengakibatkan model 3D akan berbentuk cembung di tengah area yang di ukur).
4. Menyatukan hasil olah data yang terpisah dengan lebih cepat dan lebih efektif.



Gambar 2. 4 Gambar GCP (indosurta.2023)

2.6 Independent Check Point (ICP)

ICP atau titik kendali adalah titik kendali tanah yang digunakan untuk mengontrol kualitas suatu objek dengan membandingkan koordinat model dengan koordinat dunia nyata. Perbedaan utama antara *GCP* dan *ICP* adalah

GCP digunakan pada saat pemrosesan data, sedangkan ICP berfungsi saat data menjadi produk dan tidak disertakan dalam proses pemrosesan data. Titik ini digunakan untuk menjaga keakuratan horizontal gambar udara yang ditangkap (Lailissau, 2015, dikutip dalam Cristovel et al., 2020). *Independent Check Point* (ICP) Merupakan titik-titik yang sudah teridentifikasi pada citra dan peta referensi tetapi berlainan posisi dengan titik-titik kontrol tanah. Titik cek bebas bertujuan untuk menguji keakuratan titik kontrol tanah (GCP) dan ketelitian citra hasil koreksi geometrik. Penempatan titik-titik ICP diusahakan terdistribusi merata dan tidak keluar dari area titik-titik GCP. Pada umumnya dibuat menyebar dipinggiran foto dan diadakan dengan dua cara, yaitu :

- a. Pre-marking adalah mengadakan titik target sebelum pemotretan dilaksanakan.
- b. Post-marking adalah mengidentifikasi obyek yang terdapat pada foto, kemudian ditentukan koordinat petanya



Gambar 2. 5 Foto *Premark* ICP (Dokumentasi sendiri 2025)

2.7 *Global Positioning Sistem* (GPS)

GPS adalah sistem navigasi dan penentuan posisi radio yang menggunakan satelit yang dimiliki dan dikendalikan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat. Sistem ini dirancang untuk memberikan informasi posisi dan kecepatan tiga dimensi serta informasi waktu

berkelanjutan. GPS terdiri dari tiga segmen utama: segmen luar angkasa yang terdiri dari satelit GPS, segmen sistem kendali yang terdiri dari stasiun pemantauan dan kendali satelit, dan segmen pengguna yang terdiri dari para pengguna. GPS mencakup perangkat yang menerima dan memproses sinyal data GPS. NAVSTAR GPS (*Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*) adalah sistem navigasi radio berbasis satelit yang memberikan informasi penentuan posisi, navigasi, dan pengaturan waktu yang akurat kepada berbagai pengguna. Sistem ini selalu tersedia di seluruh dunia, apapun kondisi cuacanya. GPS telah dikembangkan di Amerika Serikat sejak tahun 1973, dengan akses prioritas untuk aplikasi militer dan akses terbatas untuk pengguna sipil. GPS telah digunakan untuk memecahkan masalah geodesi sejak sekitar tahun 1983. Satelit GPS mengirimkan sinyal ke perangkat di permukaan bumi. Penerima GPS secara pasif menerima sinyal satelit dan tidak mengirimkan sinyal. GPS memerlukan medan terbuka, sehingga hanya digunakan di luar ruangan dan mungkin tidak berfungsi dengan baik di kawasan hutan atau di dekat gedung tinggi. Cara kerja GPS didasarkan pada referensi waktu sangat akurat yang terdapat pada jam atom Amerika Serikat. Observatorium Segel Angkatan Laut.



Gambar 2. 6 Pengamatan statik GPS(sumber:dokumentasi Pribadi 2025)

Semua satelit GPS dilengkapi dengan jam atom. Metode penentuan posisi menggunakan GPS dapat diklasifikasikan menjadi beberapa metode: metode absolut, metode diferensial, metode statis, metode kinematik, dan metode stop-and-go. Perbedaan masing-masing metode ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. 3 Metode-Metode Penentuan Posisi Dengan GPS (Abidin,2007)

Metode	Absolute (1 receiver)	Differential (min. 2 receiver)	Titik	Receiver
Static	✓	✓	Diam	Diam
Pure Kinematic	✓	✓	Bergerak	Bergerak
Rapid Static	-	✓	Diam	Diam (singkat)
Semi Kinematic	-	✓	Diam	Diam (singkat)

Peta RBI Ketentuan untuk standar ketelitian geometri Peta RBI yang dihasilkan tertera pada tabel di bawah ini. Hal ini diperlukan untuk mengetahui ketelitian geometri dari orthophoto yang dihasilkan masuk kedalam skala berapa, sesuai standar (BIG) Badan Informasi Geospasial Nilai No. 15 tahun 2014. Ketelitian di setiap kelas diperoleh melalui ketentuan seperti yang tertera pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. 4 Ketelitian Geometri Peta Dasar (SNI 8202:2019)

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

2.8 Root Mean Square Error (RMSE)

Untuk penentuan koordinat (X,Y) dapat menggunakan metode triangulasi, trilaterasi, poligon dan GPS. Sedangkan untuk penentuan tinggi titiknya (Z) dapat digunakan metode sipat datar atau trigonometris.

Ground Control Point (GCP) dan *Independent Control Point (ICP)* titik kontrol tanah adalah proses penandaan lokasi yang berkoordinat berupa sejumlah titik yang diperlukan untuk kegiatan mengkoreksi data dan memperbaiki keseluruhan citra yang akhirnya disebut sebagai proses rektifikasi. Tingkat akurasi GCP sangat tergantung pada jenis GPS yang digunakan dan jumlah sampel GCP terhadap lokasi dan waktu pengambilan (Kurniawan, A.,, 2024). GCP dan ICP pada umumnya dibuat menyebar dipinggiran foto dan diadakan dengan dua cara, yaitu (Harintaka, Subaryono, & Tanjung, 2008): 1. Pre-marking adalah mengadakan titik target sebelum pemotretan dilaksanakan. 2. Post-marking adalah mengidentifikasi obyek yang terdapat pada foto, kemudain ditentukan koordinat petanya. Adapun

ketentuan persebaran titik GCP dan ICP adalah sebagai berikut (Amin, 2017): 1. Sebaran GCP atau Titik Kontrol Tanah. Titik ini merupakan titik kontrol tanah yang digunakan dalam koreksi citra Ortorektifikasi. Syarat penentuan sebaran titik kontrol tanah adalah sebagai berikut:

- a) Pada sisi perimeter area citra
- b) Pada tengah area/scene
- c) Pada wilayah perbatasan/overlap scene citra
- d) Tersebar secara merata dalam area citra.

Sebaran ICP atau Titik Uji Akurasi Merupakan titik kontrol tanah yang akan digunakan sebagai titik uji hasil Ortorektifikasi. Syarat persebaran ICP adalah obyek yang digunakan sebagai titik uji harus memiliki sebaran yang merata di seluruh area yang akan diuji. (Amin, 2017)

Root Mean Square Error (RMSE) Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) nomor 15 tahun 2014 menjelaskan secara rinci tentang perhitungan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*). RMSE merupakan pengujian ketelitian posisi yang mengacu pada perbedaan komponen koordinat X,Y, dan Z antara titik uji pada gambar atau peta dengan lokasi sesungguhnya dari titik uji pada permukaan tanah. RMSE dapat digunakan untuk menggambarkan akurasi meliputi kesalahan random dan sistematik. Pengujian ketelitian posisi juga dapat dilakukan pada model tiga dimensi. RMSE pada model tiga dimensi mencakup nilai RMSE pada komponen koordinat horizontal (X,Y) dan komponen koordinat vertikal (Z). Menurut Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) nomor 15 tahun 2014 dan Rokhmana, dkk (2019), nilai RMSE dapat dihitung menggunakan persamaan.

Melakukan Hitung Selisih Koordinat & Pengkuadratan Selisih Koordinat

Rumus:

$$\Delta X = X_{icp} - X_{orto} = (\Delta X)^2 \quad (2.2)$$

$$\Delta Y = Y_{ICP} - Y_{orto} = (\Delta Y)^2 \quad (2.3)$$

Penjumlahan Kuadrat Selisih Koordinat & Penjumlahan Total Kuadrat Galat.

$$(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2 \longrightarrow \Sigma[(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2] \quad (2.4)$$

Perhitungan RMSE Horizontal (RMSE_r) & Perhitungan Akurasi Horizontal 90% (CE90)

$$CE90 = 1,5175 \times RMSE_r \quad (2.5)$$

$$RMSE_r = \frac{\Sigma[(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2]}{n} \quad (2.6)$$

Perhitungan Selisih Elevasi (ΔZ) & Pengkuadratan Selisih Elevasi

Rumus:

$$\Delta Z = Z_{GPS} - Z_{DEM} \quad (\Delta Z)^2 = (Z_{GPS} - Z_{DEM})^2 \quad (2.7)$$

Penjumlahan Kuadrat Selisih & Perhitungan RMSE Vertikal (RMSE_z)

Rumus:

$$\Sigma(\Delta Z)^2 \quad RMSE_z = \frac{\Sigma(\Delta Z)^2}{n} \quad (2.8)$$

Perhitungan Akurasi Vertikal 90% (LE90)

$$LE90 = 1,6499 \times RMSE_z \quad (2.9)$$

Dalam hal ini, X_1 : nilai komponen koordinat X target di lapangan
 X_2 : nilai komponen koordinat X target yang diuji
 Y_1 : nilai komponen koordinat Y target di lapangan
 Y_2 : nilai komponen koordinat Y target yang diuji
 Z_1 : nilai komponen koordinat Z target di lapangan
 Z_2 : nilai komponen koordinat Z target yang diuji
 Penelitian model tiga dimensi juga dapat diuji berdasarkan ukuran dimensi objek. Dimensi yang dimaksud berupa panjang dari dua buah titik. Menurut Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) nomor 15 tahun 2014, nilai RMSE untuk ukuran dimensi objek dapat dihitung menggunakan persamaan.

RMSE *dimensi*

Dalam hal ini,

Δl : Selisih ukuran dimensi objek di lapangan dan model

n : Jumlah ukuran yang digunakan

Peta RBI Ketentuan untuk standar ketelitian geometri Peta RBI yang dihasilkan tertera pada tabel di bawah ini. Hal ini diperlukan untuk mengetahui ketelitian geometri dari orthophoto yang dihasilkan masuk kedalam skala berapa, sesuai standar (BIG) Badan Informasi Geospasial

Nilai No. 15 tahun 2014. Ketelitian di setiap kelas diperoleh melalui ketentuan seperti yang tertera pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. 5 Ketelitian Geometri Peta Dasar (SNI 8202:2019)

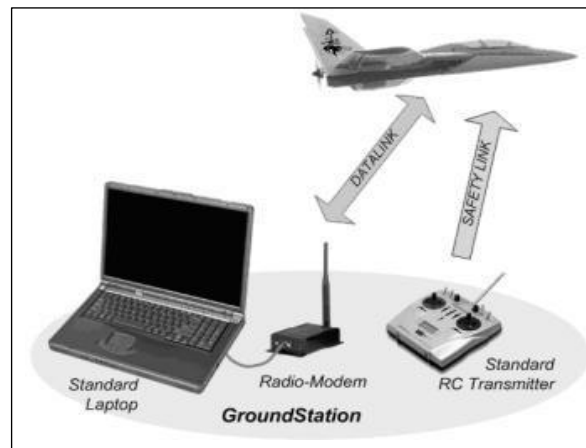
No	Skala	Interval Kontur	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			(Horizontal CE90 dalam m)	(Vertikal LE90 dalam m)	(Horizontal CE90 dalam m)	(Vertikal LE90 dalam m)	(Horizontal CE90 dalam m)	(Vertikal LE90 dalam m)
1	1 : 1.000.000	400	200	200	300	300	500	500,00
2	1 : 500.000	200	100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

2.9 UAV *Fixed Wing*

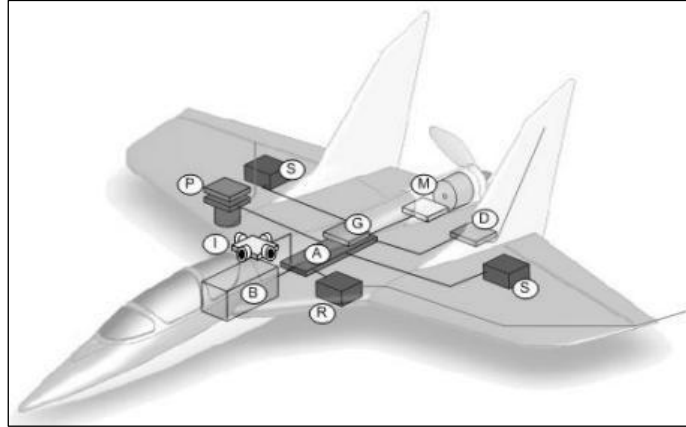
Pesawat tanpa awak (*Unmanned Aerial Vehicle*) adalah sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh pilot atau mampu mengendalikan dirinya sendiri. Pesawat tanpa awak adalah drone target, pesawat tanpa awak yang digunakan sebagai sasaran tembak. Perkembangan kontrol otomatis membuat pesawat sasaran tembak yang sederhana mampu berubah menjadi pesawat tanpa awak yang kompleks dan rumit. Kontrol pesawat tanpa awak ada dua variasi utama, variasi pertama yaitu kontrol melalui pengendalian jarak jauh dan variasi kedua adalah pesawat terbang secara mandiri berdasarkan program yang dimasukkan kedalam pesawat sebelum terbang. Saat ini pesawat tanpa awak (*Unmanned Aerial Vehicle*) mampu melakukan misi pengintaian dan penyerangan, saat ini pesawat tanpa awak juga semakin banyak digunakan untuk keperluan sipil (non militer) seperti pemadam kebakaran keamanan non militer atau pemeriksaan jalur

pemipaan. Pesawat tanpa awak sering melakukan tugas yang dianggap terlalu kotor dan terlalu berbahaya untuk pesawat berawak.

Dalam sebuah perancangan pesawat terbang tanpa awak, terlebih dahulu harus mendefinisikan misi penerbangan seperti apa yang akan dilakukan oleh pesawat tersebut. Hal ini harus dilakukan karena tidak ada satu jenis pesawat terbang tanpa awak yang bisa melakukan semua misi yang ada dalam penerbangan. Pesawat terbang tanpa awak dimaksudkan untuk mengemban misi pemanyauan udara untuk melihat objek yang diam atau bergerak diatas permukaan tanah. Misi tersebut dilakukan didaerah dengan dukungan infrastruktur yang minim seperti daerah hutan pegunungan, rawa dan lain-lain. Dengan misi tersebut, maka pesawat terbang tanpa awak harus merupakan gabungan karakter antara tipe pesawat sport, trainer, dan pesawat *trainer glideer*, yaitu berkecepatan rendah, sangat stabil dapat melayang dan mudah dikendalikan. agar dapat dimobilisasi/demobilisasi dengan mudah maka pesawat tersebut harus praktis, *portable* dan agar dapat dioperasikan secara “*take off hand launched*” maka bobot pesawat tersebut harus ringan agar dapat diluncurkan dengan menggunakan tangan, sehingga berat pesawat harus lebih kecil dari 6 kg.



Gambar 2. 7 Sistem UAV Secara Umum (arfighif.blogspot.com/2014)



Gambar 2. 8 Bagian-bagian dari wahana udara tak berawak
(arfighif.blogspot.com/2014)

- A : Autopilot kontrol
- B : Baterai
- D : Datalink radio
- modem dan antena G :
- Penerima GPS
- I : Sensor IR
- M : Motor dan kontrol
- R : Penerima RC dan antena
- S : Servo
- P : Payload, kamera dan pemancar video

Fixed wing drone adalah sebuah jenis drone yang memiliki sayap tetap, mirip dengan desain pesawat terbang tradisional. Perbedaan utama antara drone *fixed wing* dan drone multikopter (seperti quadcopter atau hexacopter) adalah bahwa drone *fixed wing* memiliki kemampuan terbang lebih lama, mencakup jarak yang lebih besar, dan umumnya dapat mencapai kecepatan yang lebih tinggi.