



**BADAN INFORMASI
GEOSPASIAL**

PERATURAN BADAN INFORMASI GEOSPASIAL
REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 1 TAHUN 2020
TENTANG
STANDAR PENGUMPULAN DATA GEOSPASIAL DASAR
UNTUK PEMBUATAN PETA DASAR SKALA BESAR

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

KEPALA BADAN INFORMASI GEOSPASIAL REPUBLIK INDONESIA,

Menimbang : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 4 ayat (3) dan ayat (5) Peraturan Pemerintah Nomor 9 Tahun 2014 tentang Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial, perlu menetapkan Peraturan Badan Informasi Geospasial tentang Standar Pengumpulan Data Geospasial Dasar untuk Pembuatan Peta Dasar Skala Besar;

Mengingat : 1. Peraturan Pemerintah Nomor 9 Tahun 2014 tentang Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 31, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5502);
2. Peraturan Presiden Nomor 94 Tahun 2011 tentang Badan Informasi Geospasial (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 144) sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Presiden Nomor 127 Tahun 2015 tentang Perubahan atas Peraturan Presiden Nomor 94 Tahun 2011 tentang Badan Informasi Geospasial (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 255);

3. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 2 Tahun 2012 tentang Tata Cara dan Standar Pengumpulan Data Geospasial;

MEMUTUSKAN:

Menetapkan : PERATURAN BADAN INFORMASI GEOSPASIAL TENTANG STANDAR PENGUMPULAN DATA GEOSPASIAL DASAR UNTUK PEMBUATAN PETA DASAR SKALA BESAR .

Pasal 1

- (1) Standar Pengumpulan Data Geospasial Dasar Untuk Pembuatan Peta Dasar Skala Besar merupakan acuan dalam penyelenggaraan Informasi Geospasial Dasar.
- (2) Peta Dasar Skala Besar sebagaimana dimaksud pada ayat (1) adalah peta dasar pada skala:
 - a. 1:1.000;
 - b. 1:2.500;
 - c. 1:5.000; dan
 - d. 1:10.000.

Pasal 2

Data Geospasial Dasar yang digunakan untuk pembuatan Peta Dasar Skala Besar paling rendah memiliki ketelitian setengah dari ketelitian peta dasar yang akan dibuat.

Pasal 3

Pengumpulan Data Geospasial Dasar untuk Pembuatan Peta Dasar Skala Besar dilaksanakan dengan:

- a. survei pemotretan udara menggunakan kamera metrik;
- b. survei pemotretan udara menggunakan kamera non-metrik; dan
- c. survei LiDAR (*Light Detection and Ranging*).

Pasal 4

Standar Pengumpulan Data Geospasial Dasar untuk Pembuatan Peta Dasar Skala Besar dengan Survei Pemotretan Udara menggunakan Kamera Metrik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a tercantum dalam Lampiran I yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Peraturan Badan ini.

Pasal 5

Standar Pengumpulan Data Geospasial Dasar Untuk Pembuatan Peta Dasar Skala Besar dengan Survei Pemotretan Udara menggunakan Kamera Non-Metrik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf b tercantum dalam Lampiran II yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Peraturan Badan ini.

Pasal 6

Standar Pengumpulan Data Geospasial Dasar Untuk Pembuatan Peta Dasar Skala Besar dengan Survei LiDAR sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf c tercantum dalam Lampiran III yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Peraturan Badan ini.

Pasal 7

Peraturan Badan ini mulai berlaku pada tanggal diundangkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan Peraturan Badan ini dengan penempatannya dalam Berita Negara Republik Indonesia.

Ditetapkan di Bogor
pada tanggal 13 Februari 2020

KEPALA BADAN INFORMASI GEOSPASIAL
REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

HASANUDDIN Z. ABIDIN

Diundangkan di Jakarta
pada tanggal 21 Februari 2020

DIREKTUR JENDERAL
PERATURAN PERUNDANG-UNDANGAN
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

WIDODO EKATJAHJANA

BERITA NEGARA REPUBLIK INDONESIA TAHUN 2020 NOMOR 154

Salinan sesuai dengan aslinya,

Kepala Bagian Hukum,


Ida Suryani

LAMPIRAN I
PERATURAN BADAN INFORMASI GEOSPASIAL
NOMOR 1 TAHUN 2020
TENTANG
STANDAR PENGUMPULAN DATA GEOSPASIAL DASAR
UNTUK PEMBUATAN PETA DASAR SKALA BESAR

STANDAR PENGUMPULAN DATA GEOSPASIAL DASAR UNTUK PEMBUATAN
PETA DASAR SKALA BESAR DENGAN SURVEI PEMOTRETAN UDARA
MENGUNAKAN KAMERA METRIK

1. Ruang Lingkup

Standar ini menetapkan prosedur standar pengumpulan data geospasial dasar untuk pembuatan peta dasar skala besar metode survei pemotretan udara menggunakan kamera metrik, membahas tentang persyaratan peralatan, persiapan pengumpulan data, pengukuran titik kontrol, survei dan pengolahan pemotretan udara, hasil dan manajemen data, serta standar kontrol kualitas. Standar ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam pengumpulan data geospasial dasar untuk pembuatan peta dasar skala besar metode survei pemotretan udara menggunakan kamera metrik agar hasil yang diperoleh memiliki kualitas yang dapat dipertanggungjawabkan.

2. Acuan Normatif

SNI 8202, Ketelitian peta dasar.

3. Istilah dan Definisi

- 3.1 *Area of interest (AOI)* adalah cakupan daerah yang akan dilakukan kegiatan.
- 3.2 *Baseline* adalah vektor koordinat relatif tiga dimensi (dX, dY, dZ) antara dua titik pengamatan GNSS.
- 3.3 *Base station* adalah titik di tanah yang diketahui koordinatnya dan digunakan sebagai referensi pengukuran trajectory.
- 3.4 *Boresight* adalah perbedaan sudut antar sumbu koordinat sensor.

- 3.5 *Bundle block adjustment* adalah perataan berdasarkan kondisi kesegarisan dengan enam parameter luar dan tiga parameter posisi objek pada koordinat ruang dari setiap dedahan (exposure) kamera dan dihitung secara simultan terhadap titik kontrol.
- 3.6 *Dense image matching* adalah metode pembentukkan point cloud dari citra yang bertampalan.
- 3.7 *Digital surface model* (DSM) adalah model digital yang merepresentasikan bentuk permukaan bumi beserta penutup lahannya.
- 3.8 *Digital terrain model* (DTM) adalah model digital yang merepresentasikan bentuk permukaan bumi tanpa penutup lahannya.
- 3.9 *Exterior orientation* (EO) adalah parameter yang menjelaskan hubungan geometris antara sistem koordinat foto dengan sistem koordinat tanah.
- 3.10 *Forward motion compensation* (FMC) adalah sistem yang dibuat untuk menghilangkan efek pergerakan objek pada citra yang diakibatkan oleh pergerakan laju pesawat.
- 3.11 *Global navigation satellite system* (GNSS) adalah sistem navigasi dan penentuan posisi berbasis satelit yang dapat dipakai untuk menentukan penentuan posisi baik horizontal maupun vertikal.
- 3.12 *Ground control point* (GCP) adalah titik di tanah yang diketahui koordinatnya dan digunakan sebagai acuan dalam bundle block adjustment.
- 3.13 *Ground sampling distance* (GSD) adalah nilai ukuran piksel kamera udara yang sudah terproyeksi di permukaan tanah.
- 3.14 titik uji *independent check point* (ICP) adalah Titik di tanah yang diketahui koordinatnya dan digunakan untuk menguji produk yang dihasilkan.
- 3.15 *Inertial measurement unit* (IMU) adalah alat ukur yang memanfaatkan sistem pengukuran seperti gyroskop dan akselerometer untuk memperkirakan posisi relatif, kecepatan, dan akselerasi dari gerakan motor yang memperkirakan gerakan yaitu posisi (X Y Z) dan orientasi (roll, pitch, heading).

- 3.16 Jaring kontrol horizontal (JKH) adalah sekumpulan titik kontrol horizontal yang satu sama lainnya dikaitkan dengan data ukuran jarak dan/atau sudut, dan koordinatnya ditentukan dengan metode pengukuran/pengamatan tertentu dalam suatu sistem referensi koordinat horizontal tertentu.
- 3.17 Ketelitian horizontal adalah level kedekatan antara ukuran hasil ukuran, hitungan, atau proses terhadap nilai yang dianggap benar atau standar pada sumbu X dan Y di bidang proyeksi.
- 3.18 Ketelitian vertikal adalah level kedekatan antara ukuran hasil ukuran, hitungan, atau proses terhadap nilai yang dianggap benar atau standar pada sumbu Z di bidang proyeksi.
- 3.19 *Lever arm* adalah perbedaan posisi antar titik pusat sumbu koordinat sensor.
- 3.20 *Logsheet* adalah formulir yang berisi catatan selama dilakukan perekaman data.
- 3.21 *Position dilution of precision* (PDOP) adalah nilai yang menunjukkan korelasi antara kualitas konfigurasi satelit terhadap ketelitian posisi antenna GNSS.
- 3.22 Pertampalan ke muka (*forward overlap*) adalah liputan pada dua lembar foto udara yang berurutan untuk daerah yang sama pada arah jalur terbang (dinyatakan dalam %).
- 3.23 Pertampalan ke samping (*side overlap*) adalah liputan pada dua lembar foto udara untuk daerah yang sama antara dua jalur terbang (dinyatakan dalam %).
- 3.24 Pesawat udara adalah setiap mesin atau alat yang dapat terbang di atmosfer karena gaya angkat dari reaksi udara, tetapi bukan karena reaksi udara terhadap permukaan bumi yang digunakan untuk penerbangan.
- 3.25 *Point cloud* adalah sekumpulan data titik dalam sistem ruang tertentu.
- 3.26 *Postmark* adalah objek yang terdapat pada foto kemudian ditentukan koordinatnya dengan cara melakukan pengukuran dilapangan.
- 3.27 *Premark* adalah tanda di lapangan yang dipasang sebelum pemotretan udara dilakukan, dan harus dapat diidentifikasi pada foto
- CATATAN:
Biasanya berupa tanda tambah (+) yang memiliki 4 sayap dan memotong titik kontrol.

- 3.28 *Principal point autocollimation* (PPA) adalah titik perpotongan antara sumbu optis dan bidang sensor kamera, pada kondisi kamera yang ideal titik ini akan identik dengan titik tengah dari sensor kamera.
- 3.29 *Root mean square error* (RMSE) adalah akar kuadrat dari rata-rata kuadrat selisih antara nilai koordinat di output dan nilai koordinat dari sumber independent yang akurasinya lebih tinggi.
- 3.30 *Seamline* adalah garis perpotongan antara beberapa foto yang saling bertampalan.
- 3.31 *Sigma naught* adalah besaran yang menunjukkan tingkat ketelitian dari pengukuran tie point pada satu blok fotogrametri.
- 3.32 Skala besar adalah data geospasial dan informasi geospasial dengan skala 1:10.000 atau lebih besar.
- 3.33 *Sunspot* adalah pantulan sinar matahari pada foto udara akibat posisi matahari yang terlalu tinggi pada saat pemotretan
- 3.34 *Tie point* adalah titik yang didesain (dipilih/ditentukan) pada foto udara untuk mengikat foto yang saling bertampalan.
- 3.35 *Trajectory* adalah rekaman jalur terbang pesawat berdasarkan posisi GNSS dan IMU.

4. Persyaratan Peralatan

Standar persyaratan untuk peralatan yang digunakan dalam pengumpulan data geospasial dasar untuk pembuatan peta dasar skala besar metode survei pemotretan udara menggunakan kamera metrik disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1 – Peralatan dan Persyaratannya

No.	Peralatan	Persyaratan peralatan
1.	Sistem kamera udara	Sistem kamera udara merupakan kamera metrik yang dilengkapi dengan: a. Sensor digital dengan resolusi ≥ 60 MP untuk sensor ukuran <i>medium format</i> atau resolusi ≥ 100 MP untuk sensor dengan ukuran <i>large format</i> ; b. Perangkat lunak untuk mengonversi foto udara dari format <i>raw data</i> ke format TIFF;

No.	Peralatan	Persyaratan peralatan
		<p>c. Sistem posisi dan orientasi GNSS dan IMU;</p> <p>d. Perangkat lunak pengolah <i>trajectory</i>;</p> <p>e. Perangkat lunak manajemen jalur terbang;</p> <p>f. Sertifikat kalibrasi kamera;</p> <p>g. <i>Display monitor</i> untuk pilot;</p> <p>h. <i>Gyro stabilizer</i>; dan</p> <p>i. <i>Forward Motion Compensation</i>.</p>
2.	<i>Gyro stabilizer</i>	<p>a. Dapat mengompensasi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <i>Heading</i> paling kecil $\pm 20^\circ$; 2) <i>Pitch</i> paling kecil $\pm 5^\circ$; dan 3) <i>Roll</i> paling kecil $\pm 5^\circ$. <p>b. Terintegrasi dengan IMU.</p>
3.	<i>Global Navigation Satellite System (GNSS) receiver</i>	<p>Sistem <i>receiver</i> GNSS tipe geodetik yang memiliki kemampuan untuk:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. <i>Signal Tracking</i> minimal GPS (L1, L2C); b. Akurasi pengukuran statik <i>post processing</i>: <ol style="list-style-type: none"> 1) Horizontal: 3 mm + 0,1 ppm 2) Vertikal: 3,5 mm + 0,4 ppm; dan c. Dilengkapi perangkat lunak pengolah data GNSS.
4.	Pesawat udara	Memiliki lubang yang khusus dibuat untuk survei udara.

No.	Peralatan	Persyaratan peralatan
5.	Perangkat lunak pengolah data	Memiliki kemampuan untuk: a. Melakukan triangulasi udara dengan metode pengamatan titik secara otomatis; b. Melakukan <i>editing</i> titik secara manual (meliputi penambahan, pengurangan dan pemindahan); c. Menerima data GNSS dan IMU sebagai data masukan; d. Melakukan pembagian subblok; e. Mengolah data dengan algoritma <i>bundle block adjustment</i> ; f. Memberikan statistik keluaran per titik hasil perhitungan meliputi <i>sigma naught</i> , residual, dan RMSE; g. Melakukan <i>dense image matching</i> untuk membentuk DSM dan DTM; h. Mengolah foto udara menjadi ortofoto; i. Membentuk <i>seamline</i> secara otomatis; j. Melakukan <i>editing seamline</i> secara manual; dan k. Membentuk mosaik ortofoto dan <i>tiling</i> .

5. Persiapan Pengumpulan Data

5.1 Pembuatan Rencana Jalur Terbang

Pembuatan rencana jalur terbang dilakukan sebelum melakukan kegiatan survei pemotretan udara dengan menggunakan perangkat lunak rencana jalur terbang. Tahapannya adalah sebagai berikut:

- 5.1.1 Menentukan *Area of Interest* (AOI) dan membuat blok pekerjaan. Jika blok pekerjaan dibagi menjadi beberapa subblok, harus terdapat jalur terbang yang berada pada area pertampalan subblok.
- 5.1.2 Membuat jalur terbang sesuai dengan bentuk *Area of Interest* (AOI) dan topografinya.
- 5.1.3 Menentukan jalur terbang utama, kemudian pada pinggir blok pekerjaan ditambahkan jalur terbang yang memotong semua jalur terbang utama (*cross strip*).

- 5.1.4 Menambahkan *cross strip* yang memotong jalur terbang pada interval maksimal 100km.
- 5.1.5 Mendesain pertampalan ke muka (*forward overlap*) $\geq 60\%$.
- 5.1.6 Mendesain pertampalan ke samping (*side overlap*) $\geq 30\%$.
- 5.1.7 Mendesain nilai *Ground Sampling Distance* (GSD) pada nadir sesuai dengan skala peta yang akan dihasilkan.

Skala Peta Dasar	Nilai GSD (cm)
1:10.000	≤ 30
1:5.000	≤ 15
1:2.500	≤ 10
1:1.000	≤ 8

- 5.1.8 Merencanakan posisi *base station*:
 - a. *Base station* dapat memanfaatkan titik kontrol;
 - b. Jarak *base station* dengan pesawat udara tidak lebih dari 20km.

5.2 **Perencanaan Titik Kontrol Tanah**

Titik kontrol tanah terdiri atas *ground control point* (GCP) dan *independent check point* (ICP). GCP direncanakan terletak pada pojok, perimeter dan tengah dari blok area pekerjaan. Jumlah GCP disesuaikan dengan bentuk dan luas blok pekerjaan. ICP disebar secara merata pada area pekerjaan. Jumlah ICP disesuaikan dengan ketentuan dalam SNI 8202, *Ketelitian peta dasar*. Titik kontrol tanah ditempatkan di tempat terbuka dan diyakini dapat terlihat di sebanyak mungkin foto udara. Apabila blok pekerjaan dibagi menjadi beberapa subblok, harus terdapat titik kontrol tanah pada area pertampalan subblok.

6. Pengukuran Titik Kontrol

6.1 **Survei Pendahuluan**

Survei pendahuluan (*reconnaissance*) dilakukan untuk mengetahui kondisi lokasi di sekitar rencana titik kontrol tanah di lapangan. Posisi titik kontrol tanah di lapangan dapat digeser dari posisi rencana selama pergeserannya tidak mengubah konfigurasi dan distribusi titik kontrol.

6.2 Pemasangan Premark

Titik kontrol tanah direalisasikan di lapangan dalam bentuk *premark*. Apabila terdapat *premark* yang tidak tampak pada foto udara maka harus dilakukan pengukuran ulang di lokasi terdekat dengan titik tersebut. Titik yang diukur ulang dapat direpresentasikan dengan *postmark* atau *premark*.

Bentuk dan ukuran *premark* di lapangan didesain sedemikian sehingga dapat diidentifikasi dan diamati secara akurat di foto udara. *Premark* dibuat dari bahan yang tahan cuaca, tidak mudah robek dan pudar. Warna *premark* harus kontras dengan warna sekitarnya.

6.3 Pengukuran Titik Kontrol Tanah

Pengukuran titik kontrol tanah menggunakan receiver GNSS tipe geodetik. Pengukuran titik kontrol tanah harus terikat pada Jaring Kontrol Horizontal Nasional (JKHN) baik berupa Pilar Titik Kontrol Geodesi maupun Stasiun GNSS Kontinyu (CORS) yang dikelola oleh BIG. Metode pengukuran disesuaikan untuk mendapatkan ketelitian yang dipersyaratkan.

6.4 Pengolahan Data GNSS pada Titik Kontrol Tanah

Data hasil pengukuran titik kontrol tanah diolah dengan perangkat lunak pengolahan data GNSS. Solusi ambiguitas fase pada pengolahan *baseline* harus mendapat hasil "FIXED". Jika masih mendapat hasil "FLOAT", pengolahan *baseline* harus diulang dengan mengubah strategi pengolahan. Nilai koordinat titik kontrol tanah yang dihasilkan mengacu pada Sistem Referensi Geospasial Indonesia 2013.

Data tinggi elipsoid dikoreksi untuk mendapatkan tinggi geoid (tinggi ortometrik) dengan rumus:

$$H = h - N$$

Keterangan

H: tinggi geoid (tinggi ortometrik)

h: tinggi elipsoid (tinggi geodetik)

N: undulasi

Nilai undulasi didapatkan dari model geoid yang didapat dari layanan SRGI. Ketelitian horizontal dan vertikal koordinat titik kontrol tanah hasil pengolahan tidak lebih besar dari:

0,15 x nilai ketelitian peta

CATATAN:

Nilai ketelitian peta mengacu pada SNI 8202, *Ketelitian peta dasar*.

7. Pelaksanaan Survei Pemotretan Udara

7.1 Kalibrasi Boresight dan Lever Arm

Kalibrasi *boresight* dan *lever arm* dilakukan sebelum melakukan misi pemotretan pertama atau setiap ada perubahan konfigurasi sistem kamera udara digital. Kalibrasi dapat dilakukan di sekitar AOI yang memiliki fitur-fitur yang mudah dikenali seperti bangunan atau jalan. Kalibrasi dilakukan untuk memperoleh koreksi *boresight misalignment* dan *lever arm* antara kamera udara digital, antena GNSS, dan IMU.

Kalibrasi dilakukan dengan tahapan:

- 7.1.1 Menentukan area kalibrasi yang terdiri atas beberapa jalur terbang.
- 7.1.2 Melengkapi area kalibrasi dengan GCP yang direpresentasikan oleh *premark*. Jarak antar GCP adalah 6 basis foto udara (jarak antar *exposure* foto udara).
- 7.1.3 Mengukur dan mengolah GCP pada area kalibrasi sesuai dengan ketelitian horizontal dan vertikal pada poin 6.4.
- 7.1.4 Melakukan survei pemotretan udara dan pengolahan *trajectory* sesuai poin 7.2 dan 8.1.

Boresight misalignment diperoleh dengan menghitung perbedaan sudut kamera antara nilai pengukuran IMU dengan hasil perhitungan di area kalibrasi. *Lever arm* diperoleh dengan menghitung perbedaan antara nilai koordinat kamera hasil pengukuran GNSS dengan hasil perhitungan di area kalibrasi.

7.2 Pemotretan Udara

Tahapan survei pemotretan udara dilakukan jika kalibrasi *boresight* dan *lever arm* telah dilakukan. Survei pemotretan udara harus dilaksanakan dengan mengacu kepada rencana jalur terbang yang sudah dibuat. Tahapannya adalah sebagai berikut:

- 7.2.1 Melakukan pemotretan udara saat cahaya mencukupi sehingga foto tidak gelap dan bayangan objek tidak panjang. *Sunspot* tidak diperbolehkan ada di foto.
- 7.2.2 Kamera udara digital dipasang pada penyangga yang dilengkapi dengan *gyro stabilizer* untuk mengkompensasi gerakan pesawat.
- 7.2.3 Pemotretan udara harus dilengkapi dengan GNSS dan IMU yang terintegrasi dengan sistem kamera udara digital untuk merekam data posisi dan orientasi sistem kamera udara digital.
- 7.2.4 Pengukuran *base station* GNSS harus dilakukan selama pemotretan udara berlangsung.
- 7.2.5 Nomor jalur dan nomor foto yang telah diambil di setiap misi pemotretan serta catatan penting lainnya didokumentasikan pada formulir *logsheet*.
- 7.2.6 Pemotretan udara ulang (*reflight*) dilakukan apabila salah satu dari syarat dibawah ini tidak terpenuhi:
 - a. Pertampalan ke muka (*forward overlap*) $\geq 60\%$;
 - b. Pertampalan ke samping (*side overlap*) $\geq 30\%$;
 - c. Nilai GSD pada nadir lebih kecil dari yang sudah dipersyaratkan;
 - d. Cakupan awan tidak lebih dari 10% di setiap foto udara dan obyek yang tertutup awan bukan merupakan bangunan atau transportasi; atau
 - e. Kemiringan foto (*omega* dan *phi*) tidak lebih dari 3° , dihitung terhadap bidang datar yang bersinggungan dengan tanah.
- 7.2.7 Penomoran foto udara hasil *reflight* diberi tambahan kode untuk membedakan dengan foto udara sebelumnya.
- 7.2.8 Jika survei pemotretan udara dalam satu jalur terputus, pada jalur tersebut perlu ditambahkan pertampalan minimal 2 foto dengan foto udara sebelumnya.

8. Pengolahan Data Pemotretan Udara

8.1 Pengolahan *Trajectory*

Trajectory yang dihasilkan mengacu pada Sistem Referensi Geospasial Indonesia 2013. Tahapan dalam pengolahan *trajectory* hasil pengumpulan data foto udara adalah sebagai berikut:

- 8.1.1 Data mentah GNSS dan IMU diunduh dari sistem kamera udara digital pada setiap misi pemotretan.
- 8.1.2 Data GNSS diikat terhadap data pengukuran GNSS *base station*.
- 8.1.3 Data GNSS dan IMU diintegrasikan untuk mengestimasi data *trajectory* survei secara akurat.
- 8.1.4 Hasil pengolahan data *trajectory* harus memenuhi nilai sebagai berikut:
 - a. Indeks *position dilution of precision* (PDOP): < 3,5
 - b. Ketelitian Posisi Horisontal dan Vertikal: ≤ 2 cm
 - c. Ketelitian orientasi:

<i>Omega</i>	$\leq 0,005^\circ$
<i>Phi</i>	$\leq 0,005^\circ$
<i>Kappa</i>	$\leq 0,01^\circ$

- 8.1.5 Melakukan ekstraksi EO hasil pengukuran GNSS dan IMU yang sudah dikoreksi boresight dan lever arm. EO tersebut akan digunakan sebagai nilai pendekatan pada saat triangulasi udara.

8.2 Triangulasi Udara

Triangulasi udara dilakukan untuk menghilangkan kesalahan relatif antar foto dan melakukan orientasi absolut terhadap GCP. Output dari triangulasi udara adalah EO yang digunakan untuk membentuk model stereo. Tahapan triangulasi udara adalah:

- 8.2.1 Memasukkan parameter *interior orientation* (IO) ke dalam perangkat lunak pengolah data, yang paling sedikit terdiri atas:
 - a. Panjang fokus terkalibrasi;
 - b. *Principal point autocollimation*;
 - c. Ukuran piksel;
 - d. Jumlah piksel;

- e. Orientasi arah sistem kamera udara; dan
 - f. Nilai distorsi lensa.
- 8.2.2 Mengisi IO dari sertifikat kalibrasi kamera udara digital.
- 8.2.3 Menggunakan EO hasil pengolahan trajectory serta nilai standar deviasinya sebagai nilai pendekatan EO foto udara yang akan diolah.
- 8.2.4 Menggunakan koordinat GCP dan nilai standar deviasinya sebagai titik ikat horizontal dan vertikal.
- 8.2.5 Menggunakan koordinat ICP untuk menguji ketelitian horizontal dan vertikal. ICP tidak boleh digunakan sebagai GCP.
- 8.2.6 Membentuk *tie point* secara otomatis menggunakan metode *image matching*. *Tie point* diberi nomor unik dan standar deviasi sesuai dengan ketelitian pengamatan.
- 8.2.7 Menyebar *tie point* secara merata pada setiap blok pekerjaan. *Tie point* paling sedikit berjumlah 6 titik pada setiap foto.
- 8.2.8 Menambahkan *tie point* secara manual apabila jumlah dan sebarannya belum terpenuhi.
- 8.2.9 Menghitung perataan triangulasi udara menggunakan metode *bundle block adjustment*.
- 8.2.10 Syarat ketelitian hasil perataan triangulasi udara adalah:
- a. *Sigma naught* <1 ukuran piksel (mikron);
 - b. Rata-rata residual *tie point* <1 ukuran piksel (mikron);
 - c. Residual maksimal setiap *tie point* yang dibentuk secara otomatis <2,5 ukuran piksel (mikron);
 - d. Residual maksimal setiap *tie point* yang dibentuk secara manual <20 mikron; dan
 - e. Residual setiap ICP terhadap model dan ketelitian model terhadap ICP tidak lebih besar dari:

0,4 x nilai ketelitian peta

CATATAN:

Nilai ketelitian peta dan metode perhitungan ketelitian produk mengacu pada SNI 8202, *Ketelitian peta dasar*.

8.3 **Pembentukan *Point Cloud***

Point cloud dibentuk setelah semua syarat ketelitian triangulasi udara terpenuhi. *Point cloud* dibentuk dengan menggunakan metode *dense image matching* dari foto udara yang dilengkapi dengan EO hasil triangulasi udara. Jika kegiatan survei pemotretan udara dilaksanakan bersama dengan kegiatan survei lidar, pembentukan *point cloud* tidak perlu dilakukan.

8.4 **Ortorektifikasi**

Proses ortorektifikasi adalah proses untuk menghasilkan foto udara yang memiliki proyeksi perspektif menjadi proyeksi ortogonal sehingga terbebas dari kesalahan pergeseran relief. Hasil dari kegiatan ini dinamakan ortofoto. Ortorektifikasi dilakukan setelah semua syarat ketelitian triangulasi udara terpenuhi. Ortofoto terdiri atas *ground orthophoto* dan *true orthophoto*. Kedua produk tersebut dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan.

8.4.1 Mosaik *Ground Orthophoto*

Ground Orthophoto adalah ortofoto yang sudah menghilangkan pergeseran relief objek-objek di permukaan tanah. Proses pengolahan *ground orthophoto* sebagai berikut:

- a. menyiapkan data *point cloud* kelas *ground* dan/atau kelas *model-key point*;
- b. menyiapkan data foto udara digital yang dilengkapi EO;
- c. mengoreksi foto udara digital dengan *point cloud* untuk membentuk *ground orthophoto*;
- d. membentuk *seamline* antar-*ground orthophoto* secara otomatis dan dapat diedit secara manual apabila memotong objek bangunan;
- e. menggabungkan *ground orthophoto* untuk membuat mosaik *ground orthophoto* utuh di seluruh blok pekerjaan; dan
- f. mosaik *ground orthophoto* dapat dipotong sesuai dengan indeks peta yang digunakan.

8.4.2 Mosaik *True Orthophoto*

True orthophoto adalah ortofoto yang sudah menghilangkan pergeseran relief ke seluruh objek yang ada di foto udara. *True orthophoto* dibentuk di area dengan banyak bangunan tinggi untuk menghindari efek bangunan miring yang muncul di *ground orthophoto*. Proses pengolahan *true orthophoto* sebagai berikut:

- a. menyiapkan data foto udara digital yang dilengkapi EO;
- b. membentuk *colorized point cloud* menggunakan metode *dense image matching* dari foto udara digital;
- c. membentuk raster dari *colorized point cloud*;
- d. membentuk mosaik *true orthophoto* dari hasil raster; dan
- e. mosaik *true orthophoto* dapat dipotong sesuai dengan indeks peta yang digunakan.

Kedua produk ortofoto di atas memiliki resolusi sebagai berikut:

Skala Peta Dasar	Nilai resolusi (cm)
1:10.000	≤ 30
1:5.000	≤ 15
1:2.500	≤ 10
1:1.000	≤ 8

Residual setiap ICP terhadap ortofoto dan ketelitian ortofoto terhadap ICP tidak lebih besar dari:

0,5 x nilai ketelitian peta

CATATAN:

Nilai ketelitian peta dan metode perhitungan ketelitian produk mengacu pada SNI 8202, *Ketelitian peta dasar*.

9. Spesifikasi Output Survei Pemotretan Udara Menggunakan Kamera Metrik

Tabel I.1 – Output Kegiatan dan Ketentuannya

No.	Output	Ketentuan																				
1.	Ketentuan Umum	a. Datum: <i>SRGI 2013</i> b. Sistem Koordinat: <i>Geografis</i> c. Proyeksi: <i>Transverse Mercator</i> d. Sistem Grid: <i>Universal Transverse Mercator</i> e. Sistem Referensi Tinggi: <i>Geoid</i>																				
2.	Koordinat titik kontrol	a. ketelitian posisi horisontal dan vertikal: 0,15 x nilai ketelitian peta																				
3.	<i>Data trajectory</i>	a. <i>Position Dilution of Precision (PDOP)</i> : < 3,5 b. Ketelitian Posisi Horisontal dan Vertikal: ≤ 2 cm c. Ketelitian Orientasi: Omega ≤ 0,005° Phi ≤ 0,005° Kappa ≤ 0,01°																				
4.	Foto udara	a. Pertampalan ke muka (<i>forward overlap</i>) ≥ 60%. b. Pertampalan ke samping (<i>side overlap</i>) ≥ 30%. c. <i>Ground Sampling Distance (GSD)</i> pada nadir: <table border="1" data-bbox="740 1415 1284 1764" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Skala Dasar</th> <th>Peta</th> <th>Nilai (cm)</th> <th>GSD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1:10.000</td> <td></td> <td>≤ 30</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:5.000</td> <td></td> <td>≤ 15</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:2.500</td> <td></td> <td>≤ 10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:1.000</td> <td></td> <td>≤ 8</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> d. Cakupan awan ≤10% di setiap foto udara dan awan tidak menutupi obyek bangunan atau transportasi. e. Kemiringan foto (<i>omega</i> dan <i>phi</i>) tidak lebih dari 3°, dihitung terhadap bidang datar yang bersinggungan dengan tanah.	Skala Dasar	Peta	Nilai (cm)	GSD	1:10.000		≤ 30		1:5.000		≤ 15		1:2.500		≤ 10		1:1.000		≤ 8	
Skala Dasar	Peta	Nilai (cm)	GSD																			
1:10.000		≤ 30																				
1:5.000		≤ 15																				
1:2.500		≤ 10																				
1:1.000		≤ 8																				
5.	Model stereo	a. <i>Sigma naught</i> <1 ukuran piksel (mikron); b. Rata-rata residual <i>tie point</i> <1 ukuran piksel (mikron);																				

No.	Output	Ketentuan															
		c. Residual maksimal setiap <i>tie point</i> yang dibentuk secara otomatis <2,5 ukuran piksel (mikron); d. Residual maksimal setiap <i>tie point</i> yang dibentuk secara manual <20 mikron; dan e. Residual setiap ICP terhadap model dan ketelitian model terhadap ICP: 0,4 x nilai ketelitian peta.															
6.	Ortofoto	a. resolusi spasial sebagai berikut: <table border="1" data-bbox="745 737 1276 1081"><thead><tr><th data-bbox="751 742 846 842">Skala Dasar</th><th data-bbox="846 742 1011 842">Peta</th><th data-bbox="1011 742 1269 842">Nilai resolusi (cm)</th></tr></thead><tbody><tr><td data-bbox="751 842 846 907">1:10.000</td><td data-bbox="846 842 1011 907"></td><td data-bbox="1011 842 1269 907">≤ 30</td></tr><tr><td data-bbox="751 907 846 971">1:5.000</td><td data-bbox="846 907 1011 971"></td><td data-bbox="1011 907 1269 971">≤ 15</td></tr><tr><td data-bbox="751 971 846 1036">1:2.500</td><td data-bbox="846 971 1011 1036"></td><td data-bbox="1011 971 1269 1036">≤ 10</td></tr><tr><td data-bbox="751 1036 846 1081">1:1.000</td><td data-bbox="846 1036 1011 1081"></td><td data-bbox="1011 1036 1269 1081">≤ 8</td></tr></tbody></table> b. Residual setiap ICP terhadap ortofoto dan ketelitian ortofoto terhadap ICP: 0,5 x nilai ketelitian peta.	Skala Dasar	Peta	Nilai resolusi (cm)	1:10.000		≤ 30	1:5.000		≤ 15	1:2.500		≤ 10	1:1.000		≤ 8
Skala Dasar	Peta	Nilai resolusi (cm)															
1:10.000		≤ 30															
1:5.000		≤ 15															
1:2.500		≤ 10															
1:1.000		≤ 8															

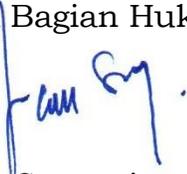
KEPALA BADAN INFORMASI GEOSPASIAL
REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

HASANUDDIN Z. ABIDIN

Salinan sesuai dengan aslinya,

Kepala Bagian Hukum,


Ida Suryani

LAMPIRAN II
PERATURAN BADAN INFORMASI GEOSPASIAL
NOMOR 1 TAHUN 2020
TENTANG
STANDAR PENGUMPULAN DATA GEOSPASIAL DASAR
UNTUK PEMBUATAN PETA DASAR SKALA BESAR

STANDAR PENGUMPULAN DATA GEOSPASIAL DASAR UNTUK PEMBUATAN
PETA DASAR SKALA BESAR DENGAN SURVEI PEMOTRETAN UDARA
MENGUNAKAN KAMERA NONMETRIK

1. Ruang Lingkup

Standar ini menetapkan prosedur standar pengumpulan data geospasial dasar untuk pembuatan peta dasar skala besar metode survei pemotretan udara menggunakan kamera non metrik, membahas tentang persyaratan peralatan, persiapan pengumpulan data, pengukuran titik kontrol, survei dan pengolahan pemotretan udara, hasil dan manajemen data, serta standar kontrol kualitas. Standar ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam pengumpulan data geospasial dasar untuk pembuatan peta dasar skala besar metode survei pemotretan udara menggunakan kamera non metrik agar hasil yang diperoleh memiliki kualitas yang dapat dipertanggungjawabkan.

2. Acuan Normatif

SNI 8202, Ketelitian peta dasar.

3. Istilah dan Definisi

- 3.1 *Area of interest* (AOI) adalah cakupan daerah yang akan dilakukan kegiatan.
- 3.2 *Baseline* adalah vektor koordinat relatif tiga dimensi (dX, dY, dZ) antara dua titik pengamatan GNSS.
- 3.3 *Base station* adalah titik di tanah yang diketahui koordinatnya dan digunakan sebagai referensi pengukuran *trajectory*.
- 3.4 *Boresight* adalah perbedaan sudut antar sumbu koordinat sensor.

- 3.5 *Bundle block adjustment* adalah perataan berdasarkan kondisi kesegarisan dengan enam parameter luar dan tiga parameter posisi objek pada koordinat ruang dari setiap dedahan (exposure) kamera dan dihitung secara simultan terhadap titik kontrol.
- 3.6 *Dense image matching* adalah metode pembentukan point cloud dari citra yang bertampalan.
- 3.7 *Digital surface model* (DSM) adalah model digital yang merepresentasikan bentuk permukaan bumi beserta penutup lahannya.
- 3.8 *Digital terrain model* (DTM) adalah model digital yang merepresentasikan bentuk permukaan bumi tanpa penutup lahannya.
- 3.9 *Exterior orientation* (EO) adalah parameter yang menjelaskan hubungan geometris antara sistem koordinat foto dengan sistem koordinat tanah.
- 3.10 *Global navigation satellite system* (GNSS) adalah sistem navigasi dan penentuan posisi berbasis satelit yang dapat dipakai untuk menentukan penentuan posisi baik horizontal maupun vertikal.
- 3.11 *Ground control point* (GCP) adalah titik di tanah yang diketahui koordinatnya dan digunakan sebagai acuan dalam bundle block adjustment.
- 3.12 *Ground control station* (GCS) adalah sistem yang berfungsi sebagai alat pengendali pesawat nir-awak. Biasanya berupa komputer atau tablet yang dilengkapi telemetri dan mampu berkomunikasi dengan wahana.
- 3.13 *Ground sampling distance* (GSD) adalah nilai ukuran piksel kamera udara yang sudah terproyeksi di permukaan tanah.
- 3.14 titik uji *independent check point* (ICP) adalah titik di tanah yang diketahui koordinatnya dan digunakan untuk menguji produk yang dihasilkan.
- 3.15 *Inertial measurement unit* (IMU) adalah alat ukur yang memanfaatkan sistem pengukuran seperti gyroskop dan akselerometer untuk memperkirakan posisi relatif, kecepatan, dan akselerasi dari gerakan motor yang memperkirakan gerakan yaitu posisi (X Y Z) dan orientasi (*roll, pitch, heading*).

- 3.16 Jaring kontrol horizontal (JKH) adalah sekumpulan titik kontrol horizontal yang satu sama lainnya dikaitkan dengan data ukuran jarak dan/atau sudut, dan koordinatnya ditentukan dengan metode pengukuran/pengamatan tertentu dalam suatu sistem referensi koordinat horizontal tertentu.
- 3.17 *Ketelitian horizontal* adalah level kedekatan antara ukuran hasil ukuran, hitungan, atau proses terhadap nilai yang dianggap benar atau standar pada sumbu X dan Y di bidang proyeksi.
- 3.18 *Ketelitian vertical* adalah level kedekatan antara ukuran hasil ukuran, hitungan, atau proses terhadap nilai yang dianggap benar atau standar pada sumbu Z di bidang proyeksi.
- 3.19 *Lever arm* adalah perbedaan posisi antartitik pusat sumbu koordinat sensor.
- 3.20 *Logsheet* adalah formulir yang berisi catatan selama dilakukan perekaman data.
- 3.21 *Position dilution of precision (PDOP)* adalah nilai yang menunjukkan korelasi antara kualitas konfigurasi satelit terhadap ketelitian posisi antena GNSS.
- 3.22 Pertampalan ke muka (*forward overlap*) adalah liputan pada dua lembar foto udara yang berurutan untuk daerah yang sama pada arah jalur terbang (dinyatakan dalam %).
- 3.23 Pertampalan ke samping (*side overlap*) adalah liputan pada dua lembar foto udara untuk daerah yang sama antara dua jalur terbang (dinyatakan dalam %).
- 3.24 Pesawat udara tanpa awak adalah sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh pilot atau mampu mengendalikan dirinya sendiri dengan menggunakan hukum aerodinamika.
- 3.25 *Point cloud* adalah sekumpulan data titik dalam sistem ruang tertentu.
- 3.26 *Postmark* adalah objek yang terdapat pada foto kemudian ditentukan koordinatnya dengan cara melakukan pengukuran dilapangan.

- 3.27 *Premark* adalah tanda di lapangan yang dipasang sebelum pemotretan udara dilakukan, dan harus dapat diidentifikasi pada foto.
- CATATAN:
- Biasanya berupa tanda tambah (+) yang memiliki 4 sayap dan memotong titik kontrol.
- 3.28 *Principal point autocollimation* (PPA) adalah titik perpotongan antara sumbu optis dan bidang sensor kamera, pada kondisi kamera yang ideal titik ini akan identik dengan titik tengah dari sensor kamera.
- 3.29 *Root mean square error* (RMSE) adalah akar kuadrat dari rata-rata kuadrat selisih antara nilai koordinat di output dan nilai koordinat dari sumber independent yang akurasi lebih tinggi.
- 3.30 *Seamline* adalah garis perpotongan antara beberapa foto yang saling bertampalan.
- 3.31 *Sigma naught* adalah besaran yang menunjukkan tingkat ketelitian dari pengukuran tie point pada satu blok fotogrametri.
- 3.32 Skala besar adalah data geospasial dan informasi geospasial dengan skala 1:10.000 atau lebih besar.
- 3.33 *Sunspot* adalah pantulan sinar matahari pada foto udara akibat posisi matahari yang terlalu tinggi pada saat pemotretan.
- 3.34 *Structure from motion* adalah teknik untuk menghitung struktur 3D dan posisi dan orientasi kamera dari foto yang saling bertampalan.
- 3.35 *Tie point* adalah titik yang didesain (dipilih/ditentukan) pada foto udara untuk mengikat foto yang saling bertampalan.
- 3.36 Titik kontrol udara adalah parameter yang terdiri dari posisi dan orientasi dari pusat proyeksi kamera, yang diturunkan berdasarkan data trajectory.

4. Persyaratan Peralatan

Standar persyaratan untuk peralatan yang digunakan dalam pengumpulan data geospasial dasar untuk pembuatan peta dasar skala besar metode survei pemotretan udara menggunakan kamera non metrik disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1 – Peralatan dan Persyaratannya

No.	Peralatan	Persyaratan Peralatan
1.	Sistem kamera udara	Sistem kamera udara merupakan kamera non metrik yang dilengkapi dengan: a. Sensor digital; b. Lensa <i>fixed</i> ; c. Sistem posisi GNSS; dan d. Perangkat lunak pengolah <i>trajectory</i> Dengan tambahan peralatan yang bersifat opsional: Sistem orientasi IMU.
2.	<i>Global Navigation Satellite System</i> (GNSS) Receiver	Sistem <i>receiver</i> GNSS tipe geodetik yang memiliki kemampuan untuk: a. <i>Signal Tracking</i> minimal GPS (L1, L2C); b. Akurasi pengukuran statik <i>post processing</i> : 1) Horisontal: 3 mm + 0,1 ppm 2) Vertikal: 3,5 mm + 0,4 ppm; dan c. Dilengkapi perangkat lunak pengolah data GNSS.
3.	Pesawat udara tanpa awak	a. Memiliki lubang yang khusus dibuat untuk survei udara; dan b. Dilengkapi sistem autopilot.
4.	<i>Ground Control Station</i> (GCS)	Perangkat keras dan perangkat lunak yang memiliki kemampuan untuk: a. Menyusun jalur terbang; b. Berkomunikasi dengan sistem autopilot pesawat udara tanpa awak; dan

No.	Peralatan	Persyaratan Peralatan
		c. Mengirimkan perintah ke pesawat udara tanpa awak.
5.	Perangkat lunak pengolah data	Memiliki kemampuan untuk: a. Melakukan triangulasi udara dengan metode pengamatan titik secara otomatis; b. Menerima data GNSS dan IMU sebagai data masukan; c. Mengolah data dengan teknik <i>structure from motion</i> ; d. Memberikan statistik keluaran per titik hasil perhitungan berupa residual, dan RMSE; e. Melakukan <i>dense image matching</i> untuk membentuk DSM dan DTM; f. Mengolah foto udara menjadi ortofoto; g. Membentuk <i>seamline</i> secara otomatis; h. Melakukan <i>editing seamline</i> secara manual; dan i. Membentuk mosaik ortofoto dan <i>tiling</i> .

5. Persiapan Pengumpulan Data

5.1 Pembuatan Rencana Jalur Terbang

Pembuatan rencana jalur terbang dilakukan sebelum melakukan kegiatan survei pemotretan udara dengan menggunakan perangkat lunak rencana jalur terbang. Tahapannya adalah sebagai berikut:

- 5.1.1 Menentukan *Area of Interest* (AOI) dan membuat blok pekerjaan. Jika blok pekerjaan dibagi menjadi beberapa subblok, harus terdapat jalur terbang yang berada pada area pertampalan subblok.

- 5.1.2 Membuat jalur terbang sesuai dengan bentuk *Area of Interest* (AOI) dan topografinya. Untuk pemotretan koridor, paling sedikit membuat tiga jalur yang bersebelahan sepanjang koridor.
- 5.1.3 Menambahkan cross strip yang memotong semua jalur terbang utama minimal pada pinggir dan tengah blok pekerjaan.
- 5.1.4 Mendesain pertampalan ke muka (forward overlap) $\geq 80\%$.
- 5.1.5 Mendesain pertampalan ke samping (side overlap) $\geq 60\%$.
- 5.1.6 Mendesain nilai *Ground Sampling Distance* (GSD) pada nadir sesuai dengan skala peta yang akan dihasilkan.

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

- 5.1.7 Merencanakan posisi *base station*:
 - a. *Base station* dapat memanfaatkan titik kontrol; dan
 - b. Jarak *base station* dengan pesawat udara tidak lebih dari 20km.

5.2 **Perencanaan Titik Kontrol Tanah**

Titik kontrol tanah terdiri atas *ground control point* (GCP) dan *independent check point* (ICP). GCP direncanakan terletak pada pojok, perimeter dan tengah dari blok area pekerjaan. Jumlah GCP disesuaikan dengan bentuk dan luas blok pekerjaan. ICP disebar secara merata pada area pekerjaan. Jumlah ICP disesuaikan dengan ketentuan dalam SNI 8202, *Ketelitian peta dasar*. Titik kontrol tanah ditempatkan di tempat terbuka dan diyakini dapat terlihat di sebanyak mungkin citra. Apabila blok pekerjaan dibagi menjadi beberapa subblok, harus terdapat titik kontrol tanah pada area pertampalan subblok.

6. Pengukuran Titik Kontrol

6.1 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan (*reconnaissance*) dilakukan untuk mengetahui kondisi lokasi di sekitar rencana titik kontrol di lapangan. Posisi titik kontrol di lapangan dapat digeser dari posisi rencana selama pergeserannya tidak mengubah konfigurasi dan distribusi titik kontrol.

6.2 Pemasangan *Premark*

Titik kontrol direalisasikan di lapangan dalam bentuk *premark*. Apabila terdapat *premark* yang tidak tampak pada foto udara maka harus dilakukan pengukuran ulang di lokasi terdekat dengan titik tersebut. Titik yang diukur ulang dapat direpresentasikan dengan *postmark* atau *premark*.

Bentuk dan ukuran *premark* di lapangan didesain sedemikian sehingga dapat diidentifikasi dan diamati secara akurat di foto udara. *Premark* dibuat dari bahan yang tahan cuaca, tidak mudah robek dan pudar. Warna *premark* harus kontras dengan warna sekitarnya.

6.3 Pengukuran Titik Kontrol Tanah

Pengukuran titik kontrol tanah menggunakan receiver GNSS tipe geodetik. Pengukuran titik kontrol tanah harus terikat pada Jaring Kontrol Horizontal Nasional (JKHN) baik berupa Pilar Titik Kontrol Geodesi maupun Stasiun GNSS Kontinyu (CORS) yang dikelola oleh BIG. Metode pengukuran disesuaikan untuk mendapatkan ketelitian yang dipersyaratkan.

6.4 Pengolahan Data GNSS pada Titik Kontrol Tanah

Data hasil pengukuran titik kontrol tanah diolah dengan perangkat lunak pengolah data GNSS. Solusi ambiguitas fase pada pengolahan *baseline* harus mendapat hasil "FIXED". Jika masih mendapat hasil "FLOAT", pengolahan *baseline* harus diulang dengan mengubah strategi pengolahan. Nilai koordinat titik kontrol tanah yang dihasilkan mengacu pada Sistem Referensi Geospasial Indonesia 2013.

Data tinggi elipsoid dikoreksi untuk mendapatkan tinggi geoid (tinggi ortometrik) dengan rumus:

$$H = h - N$$

Keterangan

H: tinggi geoid (tinggi ortometrik)

h: tinggi elipsoid (tinggi geodetik)

N: undulasi

Nilai undulasi didapatkan dari model geoid yang didapat dari layanan SRGI. Ketelitian horizontal dan vertikal koordinat titik kontrol tanah hasil pengolahan tidak lebih besar dari:

0,15 x nilai ketelitian peta

CATATAN:

Nilai ketelitian peta mengacu pada SNI 8202, *Ketelitian peta dasar*.

7. Survei dan Pengolahan Data Pemotretan Udara

7.1 Kalibrasi Boresight dan Lever Arm

Kalibrasi *boresight* dan *lever arm* wajib dilakukan sebelum melakukan misi pemotretan pertama atau setiap ada perubahan konfigurasi sistem kamera udara. Kalibrasi dilakukan untuk memperoleh koreksi *boresight misalignment* dan *lever arm* antara kamera udara digital, antena GNSS, dan IMU. Metode pengukuran *boresight* dan *lever arm* disesuaikan dengan alat yang digunakan.

7.2 Pemotretan Udara

Tahapan survei pemotretan udara digital dilakukan jika kalibrasi *boresight* dan *lever arm* telah dilakukan. Survei pemotretan udara harus dilaksanakan dengan mengacu kepada rencana jalur terbang yang sudah dibuat. Tahapannya adalah sebagai berikut:

- 7.2.1 Melakukan pemotretan udara saat cahaya mencukupi sehingga foto tidak gelap dan bayangan objek tidak panjang. *Sunspot* tidak diperbolehkan ada di foto.
- 7.2.2 Mematikan fitur *autofocus* pada kamera dan fokus lensa diatur sehingga jarak fokus tidak berubah untuk setiap misi pemotretan. Fitur-fitur lainnya seperti ISO, *aperture*, dan *shutter* diatur sedemikian rupa sebelum terbang sehingga menghasilkan foto yang tajam dan tidak gelap.

- 7.2.3 Kamera udara dipasang pada penyangga yang dilengkapi dengan peredam getaran untuk mengurangi pengaruh getaran motor.
- 7.2.4 Pemotretan udara dilengkapi dengan GNSS yang terintegrasi dengan sistem kamera udara untuk merekam data posisi kamera udara.
- 7.2.5 Pemotretan udara dapat dilengkapi dengan IMU yang terintegrasi dengan sistem kamera udara untuk merekam data orientasi kamera udara.
- 7.2.6 Pengukuran *base station* GNSS harus dilakukan selama pemotretan udara berlangsung.
- 7.2.7 Nomor jalur dan nomor foto yang telah diambil di setiap misi pemotretan serta catatan penting lainnya didokumentasikan pada formulir *logsheet*.
- 7.2.8 Pemotretan udara ulang (*reflight*) dilakukan apabila salah satu dari syarat dibawah ini tidak terpenuhi:
 - a. Pertampalan ke muka (*forward overlap*) $\geq 80\%$;
 - b. Pertampalan ke samping (*side overlap*) $\geq 60\%$;
 - c. Nilai GSD pada nadir lebih besar dari yang sudah dipersyaratkan; atau
 - d. Cakupan awan tidak lebih dari 10% di setiap foto udara dan obyek yang tertutup awan bukan merupakan bangunan atau transportasi.
- 7.2.9 Penomoran foto udara hasil *reflight* diberi tambahan kode untuk membedakan dengan foto udara sebelumnya.
- 7.2.10 Jika survei pemotretan udara dalam satu jalur terputus, pada jalur tersebut perlu ditambahkan pertampalan minimal 2 foto dengan foto udara sebelumnya.

8. Pengolahan Data Pemotretan Udara

8.1 Pengolahan *Trajectory*

Trajectory yang dihasilkan mengacu pada Sistem Referensi Geospasial Indonesia 2013. Tahapan dalam pengolahan *trajectory* hasil pengumpulan data foto udara sebagai berikut:

- 8.1.1 Data mentah GNSS dan/atau IMU diunduh dari sistem kamera udara digital di setiap misi pemotretan.

8.1.2 Data GNSS diikat terhadap data pengukuran GNSS *base station*.

8.1.3 Data GNSS dan/atau IMU diintegrasikan untuk mengestimasi data *trajectory* survei secara akurat.

8.1.4 Hasil pengolahan data *trajectory* harus memenuhi nilai sebagai berikut:

- a. Indeks *position dilution of precision* (PDOP): $< 3,5$
- b. Ketelitian Posisi Horizontal dan Vertikal: ≤ 2 cm
- c. Ketelitian orientasi (jika menggunakan IMU):

<i>Omega</i>	$\leq 0,05^\circ$
<i>Phi</i>	$\leq 0,05^\circ$
<i>Kappa</i>	$\leq 0,1^\circ$

8.1.5 Melakukan ekstraksi EO hasil pengukuran GNSS dan IMU yang sudah dikoreksi boresight dan lever arm. EO tersebut akan digunakan sebagai nilai pendekatan pada saat triangulasi udara.

8.2 **Triangulasi Udara**

Triangulasi udara dilakukan untuk menghilangkan kesalahan relatif antar foto dan melakukan orientasi absolut terhadap GCP. *Output* dari triangulasi udara adalah EO yang digunakan untuk membentuk model. Tahapan triangulasi udara adalah:

8.2.1 Memasukkan parameter *interior orientation* (IO) yang paling sedikit terdiri atas:

- a. Panjang fokus terkalibrasi;
- b. *principal point autocollimation*;
- c. Ukuran piksel;
- d. Jumlah piksel;
- e. Orientasi arah sistem kamera udara; dan
- f. Nilai distorsi lensa.

8.2.2 IO diisi dari hasil *self-calibration* yang dilakukan secara *in-flight*.

8.2.3 Menggunakan EO hasil pengolahan *trajectory* serta nilai standar deviasinya sebagai nilai pendekatan EO foto udara yang akan diolah.

- 8.2.4 Menggunakan koordinat GCP dan nilai standar deviasinya sebagai titik ikat horizontal dan vertikal.
- 8.2.5 Menggunakan koordinat ICP untuk menguji ketelitian horizontal dan vertikal. ICP tidak boleh digunakan sebagai GCP.
- 8.2.6 Menggunakan teknik *structure from motion* untuk menentukan fitur di setiap foto, menghilangkan kesalahan *features matching* dan menghitung perataan menggunakan metode *bundle adjustment*.
- 8.2.7 Syarat ketelitian hasil perataan triangulasi udara adalah:
- Rata-rata residual *tie point* <1 ukuran piksel (mikron);
 - Residual maksimal setiap *tie point* yang dibentuk secara otomatis <2,5 ukuran piksel (mikron);
 - Residual maksimal setiap *tie point* yang dibentuk secara manual <20 mikron; dan
 - Residual setiap ICP terhadap model dan ketelitian model terhadap ICP tidak lebih besar dari:

0,4 x nilai ketelitian peta

CATATAN:

Nilai ketelitian peta dan metode perhitungan ketelitian produk mengacu pada SNI 8202, *Ketelitian peta dasar*.

8.3 Pembentukan Point Cloud

Point cloud dibentuk setelah semua syarat ketelitian triangulasi udara terpenuhi. *Point cloud* dibentuk dengan menggunakan metode *dense image matching* dari foto udara yang dilengkapi dengan EO hasil triangulasi udara. Jika kegiatan survei pemotretan udara dilaksanakan bersama dengan kegiatan survei lidar, pembentukan *point cloud* tidak perlu dilakukan.

8.4 Ortorektifikasi

Proses ortorektifikasi adalah proses untuk menghasilkan foto udara yang memiliki proyeksi perspektif menjadi proyeksi ortogonal sehingga terbebas dari kesalahan pergeseran relief. Hasil dari kegiatan ini dinamakan ortofoto. Ortorektifikasi dilakukan setelah semua syarat ketelitian triangulasi udara terpenuhi. Ortofoto terdiri atas *ground orthophoto* dan *true orthophoto*. Kedua produk tersebut dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan.

8.4.1 Mosaik *Ground Orthophoto*

Ground Ortho adalah ortofoto yang sudah menghilangkan pergeseran relief objek-objek di permukaan tanah. Proses pengolahan *ground ortho* sebagai berikut:

- a. menyiapkan data *point cloud* kelas *ground* dan/atau kelas *model-key point*;
- b. menyiapkan data foto udara digital yang dilengkapi EO;
- c. mengoreksi foto udara digital dengan *point cloud* untuk membentuk *ground orthophoto*;
- d. membentuk *seamline* antar-*ground orthophoto* secara otomatis dan dapat diedit secara manual apabila memotong objek bangunan;
- e. menggabungkan *ground orthophoto* untuk membuat mosaik *ground orthophoto* utuh di seluruh blok pekerjaan; dan
- f. mosaik *ground orthophoto* dapat dipotong sesuai dengan indeks peta yang digunakan.

8.4.2 Mosaik *True Orthophoto*

True orthophoto adalah ortofoto yang sudah menghilangkan pergeseran relief ke seluruh objek yang ada di foto udara. *True orthophoto* dibentuk di area dengan banyak bangunan tinggi untuk menghindari efek bangunan miring yang muncul di *ground orthophoto*. Proses pengolahan *true orthophoto* sebagai berikut:

- a. menyiapkan data foto udara digital yang dilengkapi EO;
- b. membentuk *colorized point cloud* menggunakan metode *dense image matching* dari foto udara digital;
- c. membentuk raster dari *colorized point cloud*;
- d. membentuk mosaik *true orthophoto* dari hasil raster;
- e. mosaik *true orthophoto* dapat dipotong sesuai dengan indeks peta yang digunakan.

Kedua produk ortofoto di atas memiliki resolusi sebagai berikut:

Skala Peta Dasar	Nilai resolusi (cm)
1:10.000	≤ 30
1:5.000	≤ 15
1:2.500	≤ 10
1:1.000	≤ 8

Residual setiap ICP terhadap ortofoto dan ketelitian ortofoto terhadap ICP tidak lebih besar dari:

0,5 x nilai ketelitian peta

CATATAN:

Nilai ketelitian peta dan metode perhitungan ketelitian produk mengacu pada SNI 8202, *Ketelitian peta dasar*.

9. Ketentuan Output Kegiatan

Tabel II.1 – Output Kegiatan dan Ketentuannya

No.	Output	Ketentuan															
1.	Ketentuan Umum	a. Datum: <i>SRGI 2013</i> b. Sistem Koordinat: <i>Geografis</i> c. Proyeksi: <i>Transverse Mercator</i> d. Sistem Grid: <i>Universal Transverse Mercator</i> e. Sistem Referensi Tinggi: <i>Geoid</i>															
2.	Koordinat titik kontrol	a. ketelitian posisi horisontal dan vertikal: 0,15 x nilai ketelitian peta															
3.	Data <i>trajectory</i>	a. Memiliki indeks <i>position dilution of precision</i> (PDOP): < 3,5 b. Ketelitian Posisi Horisontal dan Vertikal: ≤ 2 cm c. Memiliki ketelitian orientasi: Omega ≤ 0,05° Phi ≤ 0,05° Kappa ≤ 0,1°															
4.	Foto udara	a. Pertampalan ke muka (<i>forward overlap</i>) ≥ 80%. b. Pertampalan ke samping (<i>side overlap</i>) ≥ 60%. c. <i>Ground Sampling Distance (GSD)</i> pada nadir: <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <thead> <tr> <th>Skala Dasar</th> <th>Peta</th> <th>Nilai GSD (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1:10.000</td> <td></td> <td>≤ 15</td> </tr> <tr> <td>1:5.000</td> <td></td> <td>≤ 10</td> </tr> <tr> <td>1:2.500</td> <td></td> <td>≤ 5</td> </tr> <tr> <td>1:1.000</td> <td></td> <td>≤ 3</td> </tr> </tbody> </table>	Skala Dasar	Peta	Nilai GSD (cm)	1:10.000		≤ 15	1:5.000		≤ 10	1:2.500		≤ 5	1:1.000		≤ 3
Skala Dasar	Peta	Nilai GSD (cm)															
1:10.000		≤ 15															
1:5.000		≤ 10															
1:2.500		≤ 5															
1:1.000		≤ 3															

No.	Output	Ketentuan															
		d. Cakupan awan tidak lebih dari 10% di setiap foto udara dan obyek yang tertutup awan bukan merupakan bangunan atau transportasi.															
5.	Model	a. Rata-rata residual <i>tie point</i> <1 ukuran piksel (mikron); b. Residual maksimal setiap tie point yang dibentuk secara otomatis <2,5 ukuran piksel (mikron); c. Residual maksimal setiap tie point yang dibentuk secara manual <20 mikron; dan d. Residual setiap ICP terhadap model dan ketelitian model terhadap ICP: 0,4 x nilai ketelitian peta.															
6.	Ortofoto	a. Memiliki resolusi spasial sebagai berikut: <table border="1" data-bbox="760 1016 1286 1365"><thead><tr><th>Skala Dasar</th><th>Peta</th><th>Nilai resolusi (cm)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1:10.000</td><td></td><td>≤ 30</td></tr><tr><td>1:5.000</td><td></td><td>≤ 15</td></tr><tr><td>1:2.500</td><td></td><td>≤ 10</td></tr><tr><td>1:1.000</td><td></td><td>≤ 8</td></tr></tbody></table> b. Residual setiap ICP terhadap ortofoto dan ketelitian ortofoto terhadap ICP: 0,5 x nilai ketelitian peta	Skala Dasar	Peta	Nilai resolusi (cm)	1:10.000		≤ 30	1:5.000		≤ 15	1:2.500		≤ 10	1:1.000		≤ 8
Skala Dasar	Peta	Nilai resolusi (cm)															
1:10.000		≤ 30															
1:5.000		≤ 15															
1:2.500		≤ 10															
1:1.000		≤ 8															

KEPALA BADAN INFORMASI GEOSPASIAL
REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

HASANUDDIN Z. ABIDIN

Salinan sesuai dengan aslinya,

Kepala Bagian Hukum,


Ida Suryani

LAMPIRAN III
PERATURAN BADAN INFORMASI GEOSPASIAL
NOMOR 1 TAHUN 2020
TENTANG
STANDAR PENGUMPULAN DATA GEOSPASIAL DASAR
UNTUK PEMBUATAN PETA DASAR SKALA BESAR

STANDAR PENGUMPULAN DATA GEOSPASIAL DASAR UNTUK PEMBUATAN
PETA DASAR SKALA BESAR DENGAN SURVEI LiDAR

1. Ruang Lingkup

Standar ini menetapkan prosedur standar pengumpulan data geospasial dasar untuk pembuatan peta dasar skala besar metode survei LiDAR, membahas tentang persyaratan peralatan, persiapan pengumpulan data LiDAR, pengukuran ICP, survei dan pengolahan data LiDAR, hasil dan manajemen data, serta standar kontrol kualitas. Standar ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam pengumpulan data geospasial dasar untuk pembuatan peta dasar skala besar metode survei LiDAR agar hasil yang diperoleh memiliki kualitas yang dapat dipertanggungjawabkan.

2. Acuan Normatif

SNI 8202, Ketelitian peta dasar.

3. Istilah dan Definisi

- 3.1 *Area of interest (AOI)* adalah cakupan daerah yang akan dilakukan kegiatan.
- 3.2 *Baseline* adalah vektor koordinat relatif tiga dimensi (dX, dY, dZ) antara dua titik pengamatan GNSS.
- 3.3 *Boresight* adalah perbedaan sudut antar sumbu koordinat sensor.
- 3.4 *Digital surface model (DSM)* adalah model digital yang merepresentasikan bentuk permukaan bumi berikut dengan tutupan lahannya.
- 3.5 *Digital terrain model (DTM)* adalah model digital yang merepresentasikan bentuk permukaan bumi tanpa tutupan lahannya.

- 3.6 *Field of view* (FOV) adalah sudut bukaan sensor LiDAR pada saat penyiaman/akuisisi data.
- 3.7 *Global navigation satellite system* (GNSS) adalah sistem navigasi dan penentuan posisi berbasis satelit yang dapat dipakai untuk menentukan penentuan posisi baik horizontal maupun vertikal.
- 3.8 *Base station* adalah titik di tanah yang diketahui koordinatnya dan digunakan sebagai referensi pengukuran *trajectory*.
- 3.9 Titik uji *independent check point* (ICP) adalah titik di tanah yang diketahui koordinatnya dan digunakan untuk menguji produk yang dihasilkan.
- 3.10 *Inertial measurement unit* (IMU) adalah alat ukur yang memanfaatkan sistem pengukuran seperti gyroskop dan akselerometer untuk memperkirakan posisi relatif, kecepatan, dan akselerasi dari gerakan motor yang memperkirakan gerakan yaitu posisi (X Y Z) dan orientasi (*roll, pitch, heading*).
- 3.11 *Intensity image* adalah proyeksi point cloud LiDAR (data vektor) menjadi data raster berdasarkan intensitas cahaya.
- 3.12 Jaring kontrol horizontal (JKH) adalah sekumpulan titik kontrol horizontal yang satu sama lainnya dikaitkan dengan data ukuran jarak dan/atau sudut, dan koordinatnya ditentukan dengan metode pengukuran/pengamatan tertentu dalam suatu sistem referensi koordinat horizontal tertentu (SNI BIG 2015 JKH).
- 3.13 Ketelitian horizontal adalah level kedekatan antara ukuran hasil ukuran, hitungan, atau proses terhadap nilai yang dianggap benar atau standar pada sumbu X dan Y di bidang proyeksi.
- 3.14 Ketelitian vertikal adalah level kedekatan antara ukuran hasil ukuran, hitungan, atau proses terhadap nilai yang dianggap benar atau standar pada sumbu Z di bidang proyeksi.
- 3.15 *Lever arm* adalah perbedaan posisi antartitik pusat sumbu koordinat sensor.
- 3.16 *Logsheet* adalah formulir yang berisi catatan selama dilakukan perekaman data.
- 3.17 *Position dilution of precision* (PDOP) adalah nilai yang menunjukkan korelasi antara kualitas konfigurasi satelit terhadap ketelitian posisi antenna GNSS.

- 3.18 Pesawat udara adalah setiap mesin atau alat yang dapat terbang di atmosfer karena gaya angkat dari reaksi udara, tetapi bukan karena reaksi udara terhadap permukaan bumi yang digunakan untuk penerbangan.
- 3.19 *Point cloud* adalah sekumpulan data titik dalam sistem ruang tertentu.
- 3.20 *Point density* adalah jumlah titik dalam satu luasan tertentu yang disajikan dalam satuan poin per meter persegi (PPM).
- 3.21 *Pulse rate* adalah jumlah pulsa sinar yang dipancarkan setiap detik pada saat penyiaran, pulse rate akan bervariasi tergantung jenis dan pengaturan sensor. Disajikan dalam satuan hertz (Hz).
- 3.22 *Scan rate* adalah frekuensi penyiaran dari sensor. Disajikan dalam satuan hertz (Hz).
- 3.23 *Root mean square error (RMSE)* adalah akar kuadrat dari rata-rata kuadrat selisih antara nilai koordinat di output dan *nilai koordinat dari sumber independent yang akurasi lebih tinggi*
- 3.24 Skala besar adalah data geospasial dan informasi geospasial dengan skala 1:10.000 atau lebih besar.
- 3.25 *Strip adjustment* adalah proses penggabungan data LiDAR antar strip menjadi sebuah blok untuk pengecekan beda tinggi antar strip.
- 3.26 *Trajectory* adalah rekaman jalur terbang pesawat berdasarkan posisi GPS dan IMU.

4. Persyaratan Peralatan

Standar persyaratan untuk peralatan yang digunakan dalam pengumpulan data geospasial dasar untuk pembuatan peta dasar skala besar metode survei LiDAR disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1 – Peralatan dan Persyaratannya

No.	Peralatan	Persyaratan Peralatan
1.	Sistem LiDAR	Merupakan sistem pemindai Laser yang dilengkapi dengan: a. Sertifikat kalibrasi instrumen LiDAR; b. Perangkat lunak rencana jalur terbang; c. Perangkat lunak pengolah data <i>trajectory</i> ; d. <i>Pulse Rate</i> minimal 100 Khz;

No.	Peralatan	Persyaratan Peralatan
		<p>e. <i>Scan Rate</i> minimal 40 Hz; f. <i>Field of View</i> minimal 20°; dan g. Sistem posisi dan orientasi GNSS dan IMU.</p>
2.	<i>Global Navigation Satellite System (GNSS) receiver</i>	<p>Sistem <i>receiver</i> GNSS tipe geodetik yang memiliki kemampuan untuk:</p> <p>a. <i>Signal Tracking</i> minimal GPS (L1, L2C); b. Akurasi pengukuran statik <i>post processing</i>; c. Horisontal: 3 mm + 0,1 ppm d. Vertikal: 3,5 mm + 0,4 ppm; dan e. Dilengkapi perangkat lunak pengolah data GNSS.</p>
3.	Pesawat udara	Memiliki lubang yang khusus dibuat untuk survei udara.
4.	Perangkat lunak pengolah data	<p>Memiliki kemampuan untuk:</p> <p>a. membaca format file LAS; b. melakukan <i>strip adjustment</i>; c. melakukan <i>filtering</i>/klasifikasi <i>point clouds</i> secara otomatis; d. membentuk <i>Model Key Point</i>; e. pengelolaan dan pemrosesan <i>point clouds</i> dalam jumlah besar; dan f. pembuatan, <i>editing</i>, dan penghitungan <i>surface model</i> dari <i>point clouds</i>.</p>

5. Persiapan Pengumpulan Data

5.1 Pembuatan Rencana Jalur Terbang

Pembuatan rencana jalur terbang dilakukan sebelum melakukan kegiatan survei LiDAR dengan menggunakan perangkat lunak rencana jalur terbang. Tahapannya adalah sebagai berikut:

- 5.1.1 Menentukan *Area of Interest* (AOI) dan membuat blok pekerjaan. Jika blok pekerjaan dibagi menjadi beberapa subblok, harus terdapat jalur terbang yang berada pada area pertampalan subblok.
- 5.1.2 Membuat jalur terbang sesuai dengan bentuk *Area of Interest* (AOI) dan topografinya. Jalur terbang didesain agar tidak ada kekosongan (*gap*) data lidar antar jalur terbang.
- 5.1.3 Mendesain nilai *point density* sesuai dengan skala peta yang akan dihasilkan.

Skala Peta Dasar	<i>Point density</i> (PPM)
1:10.000	≥ 2
1:5.000	≥ 4
1:2.500	≥ 6
1:1.000	≥ 8

- 5.1.4 Merencanakan posisi *base station*:
 - a. *Base station* dapat memanfaatkan titik kontrol; dan
 - b. Jarak *base station* dengan pesawat udara tidak lebih dari 20km.

5.2 Perencanaan ICP

ICP disebar secara merata pada area pekerjaan. Jumlah ICP disesuaikan dengan ketentuan dalam SNI 8202, *Ketelitian peta dasar*. ICP ditempatkan di tempat terbuka dan diletakkan di permukaan tanah yang relatif datar. Apabila blok pekerjaan dibagi menjadi beberapa subblok, harus terdapat ICP pada area pertampalan subblok.

6. Pengukuran ICP

6.1 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan (*reconnaissance*) dilakukan untuk mengetahui kondisi lokasi di sekitar rencana ICP di lapangan. Posisi ICP di lapangan dapat digeser dari posisi rencana selama pergeserannya tidak mengubah konfigurasi dan distribusi titik kontrol.

6.2 Pengukuran ICP

Pengukuran ICP menggunakan receiver GNSS tipe geodetik. Pengukuran ICP harus terikat pada Jaringan Kontrol Horizontal Nasional (JKHN) baik berupa Pilar Titik Kontrol Geodesi maupun Stasiun GNSS Kontinyu (CORS) yang dikelola oleh BIG. Metode pengukuran disesuaikan untuk mendapatkan ketelitian yang dipersyaratkan.

6.3 Pengolahan Data GNSS pada ICP

Data hasil pengukuran ICP diolah dengan perangkat lunak pengolahan data GNSS. Solusi ambiguitas fase pada pengolahan baseline harus mendapat hasil “FIXED”. Jika masih mendapat hasil “FLOAT”, pengolahan baseline harus diulang dengan mengubah strategi pengolahan. Nilai koordinat ICP yang dihasilkan mengacu pada Sistem Referensi Geospasial Indonesia 2013.

Data tinggi elipsoid dikoreksi untuk mendapatkan tinggi geoid (tinggi ortometrik) dengan rumus:

$$H = h - N$$

Keterangan

H: tinggi geoid (tinggi ortometrik)

h: tinggi elipsoid (tinggi geodetik)

N: undulasi

Nilai undulasi didapatkan dari model geoid yang didapat dari layanan SRGI. Ketelitian horizontal dan vertikal koordinat ICP hasil pengolahan tidak lebih besar dari:

$$0,15 \times \text{nilai ketelitian peta}$$

CATATAN:

Nilai ketelitian peta mengacu pada SNI 8202, *Ketelitian peta dasar*.

7. Pelaksanaan Survei LiDAR

7.1 Kalibrasi *Boresight* dan *Lever Arm*

Kalibrasi *boresight* dan *lever arm* dilakukan sebelum melakukan misi pertama atau setiap ada perubahan konfigurasi sistem LiDAR. Kalibrasi dilakukan di sekitar AOI yang memiliki fitur-fitur permukaan tanah yang bervariasi antara permukaan datar dan miring. Kalibrasi dilakukan untuk memperoleh koreksi *boresight misalignment* antara pemindai LiDAR dan IMU. Kalibrasi dilakukan dengan tahapan:

- 7.1.1 Membuat area kalibrasi yang terdiri dari empat jalur terbang yang saling tegak lurus.
- 7.1.2 Melakukan survei LiDAR untuk keperluan kalibrasi, dengan melintasi setiap jalur secara berlawanan arah. Survei LiDAR tetap mengacu pada poin 7.2.
- 7.1.3 Mengolah *trajectory* sesuai poin 7.3.
- 7.1.4 Menghitung *misalignment roll, pitch, heading* menggunakan hasil survei LiDAR kalibrasi dan perangkat lunak pengolah LiDAR.

Hasil *misalignment* digunakan pada saat pengolahan hasil survei LiDAR untuk mengekstrak *point cloud* dari data mentah. *Lever arm* wajib diukur, dan metode pengukurannya disesuaikan dengan alat yang digunakan.

7.2 Survei pengumpulan data LiDAR

Tahapan survei pengumpulan data LiDAR dilakukan jika kalibrasi *boresight* dan *lever arm* telah dilakukan. Survei pengumpulan data LiDAR harus dilaksanakan dengan mengacu kepada rencana jalur terbang yang sudah dibuat. Tahapannya adalah sebagai berikut:

- 7.2.1 Pengumpulan data LiDAR harus dilengkapi dengan GNSS dan IMU yang terintegrasi dengan sistem LiDAR untuk merekam data posisi dan orientasi LiDAR.
- 7.2.2 Pengukuran *base station* GNSS harus dilakukan selama survei pengumpulan data LiDAR berlangsung.
- 7.2.3 Nomor jalur yang telah diambil di setiap misi serta catatan penting lainnya didokumentasikan pada formulir *logsheet*.
- 7.2.4 Survei ulang (*reflight*) dilakukan apabila salah satu dari syarat dibawah ini tidak terpenuhi:

- a. *Point density* kurang dari nilai yang telah direncanakan; atau
- b. Gap data LiDAR didalam satu jalur ataupun antarjalur.

7.2.5 Jika survei pengumpulan data LiDAR dalam satu jalur terputus, pada jalur tersebut perlu ditambahkan pertampalan untuk memastikan tidak ada gap data.

8. Pengolahan Data LiDAR

8.1 Pengolahan *Trajectory*

Trajectory yang dihasilkan mengacu pada Sistem Referensi Geospasial Indonesia 2013. Tahapan dalam pengolahan *trajectory* hasil pengumpulan data foto udara sebagai berikut:

- 8.1.1 Data mentah GNSS dan IMU diunduh dari sistem LiDAR di setiap misi.
- 8.1.2 Data GNSS diikat terhadap data pengukuran GNSS *base station*.
- 8.1.3 Data GNSS dan IMU diintegrasikan untuk mengestimasi data *trajectory* survei secara akurat.
- 8.1.4 Hasil pengolahan data *trajectory* harus memenuhi nilai sebagai berikut:
 - a. Indeks *position dilution of precision* (PDOP): < 3,5
 - b. Ketelitian Posisi Horisontal dan Vertikal: ≤ 2 cm
 - c. Ketelitian orientasi:

<i>Omega</i>	$\leq 0,005^\circ$
<i>Phi</i>	$\leq 0,005^\circ$
<i>Kappa</i>	$\leq 0,01^\circ$

8.2 Pembuatan *point cloud LAS*

Pembuatan *point cloud LAS* dibentuk per jalur pada setiap misi dan memiliki ketentuan sebagai berikut:

- 8.2.1 Data *trajectory* dan data mentah LiDAR digunakan untuk membentuk *point cloud LAS*.
- 8.2.2 Nilai *boresight misalignment roll, pitch dan heading* digunakan sebagai koreksi pada saat pembuatan *point cloud LAS*.

8.3 *Strip adjustment*

Proses *strip adjustment* memiliki tahapan sebagai berikut:

- 8.3.1 Menyiapkan *point cloud LAS* per jalur.
- 8.3.2 Mengklasifikasi *point cloud* ke kelas *ground* dan *building* per jalur.

8.3.3 Menghitung koreksi *roll*, *pitch* dan *heading* di seluruh area menggunakan data di semua jalur.

8.3.4 Mengoreksi *point cloud* LAS dengan hasil koreksi *roll*, *pitch* dan *heading*

8.3.5 Mengiterasi tahapan 8.3.1 sampai 8.3.4 sampai perbedaan posisi *point cloud* kelas *ground* antar jalur tidak lebih besar dari 10 cm.

8.4 **Klasifikasi *point cloud***

Klasifikasi *point cloud* merupakan proses untuk mendapatkan kelas per *point* LiDAR sesuai dengan informasi semantik *point* tersebut. Klasifikasi dilakukan berdasarkan format LAS 1.2 dari ASPRS sebagai berikut:

Classification Value (bits 0:4)	Meaning
0	Created, never classified
1	Unclassified
2	Ground
3	Low Vegetation
4	Medium Vegetation
5	High Vegetation
6	Building
7	Low point (noise)
8	Model key-point
9	Water
10	Reserved for ASPRS Definition
11	Reserved for ASPRS Definition
12	Overlap
13 – 31	Reserved for ASPRS Definition

Proses klasifikasi minimal menghasilkan *point cloud* yang terdiri dari kelas *ground*, *unclassified*, dan *low point (noise)*. Kelas-kelas yang lain dapat digunakan sesuai kebutuhan. Residual vertikal setiap ICP terhadap kelas *ground* dan ketelitian vertikal kelas *ground* terhadap ICP tidak lebih besar dari:

0,5 x nilai ketelitian peta

CATATAN:

Nilai ketelitian peta dan metode perhitungan ketelitian produk mengacu pada SNI 8202, *Ketelitian peta dasar*.

8.5 Pembentukan *Intensity Image*

Pembentukan *intensity image* dilakukan dari data *intensity point cloud* LiDAR yang dirasterisasi, adapun *intensity image* memiliki resolusi sebagai berikut:

Skala Peta Dasar	Resolusi Spasial
1:10.000	≤ 30 cm
1:5.000	≤ 15 cm
1:2.500	≤ 10 cm
1:1.000	≤ 8 cm

9. Ketentuan *Output* Kegiatan

Tabel III.1 – *Output* Kegiatan dan Ketentuannya

No.	Output	Ketentuan										
8.	Ketentuan Umum	a. Datum: <i>SRGI 2013</i> b. Sistem Koordinat: <i>Geografis</i> c. Proyeksi: <i>Transverse Mercator</i> d. Sistem Grid: <i>Universal Transverse Mercator</i> e. Sistem Referensi Tinggi: <i>Geoid</i> .										
9.	Koordinat ICP	a. ketelitian posisi horisontal dan vertikal: 0,15 x nilai ketelitian peta										
10.	Data <i>trajectory</i>	a. <i>position dilution of precision</i> (PDOP): < 3,5 b. Ketelitian Posisi Horisontal dan Vertikal: ≤ 2 cm c. ketelitian orientasi: Omega ≤ 0,005° Phi ≤ 0,005° Kappa ≤ 0,01°										
11.	<i>Point cloud</i> per jalur	a. Format LAS 1.2 b. <i>point density</i> : <table border="1" data-bbox="764 1854 1308 2202" style="margin-left: 40px;"> <thead> <tr> <th>Skala Peta Dasar</th> <th><i>Point density</i> (PPM)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1:10.000</td> <td>≥ 2</td> </tr> <tr> <td>1:5.000</td> <td>≥ 4</td> </tr> <tr> <td>1:2.500</td> <td>≥ 6</td> </tr> <tr> <td>1:1.000</td> <td>≥ 8</td> </tr> </tbody> </table>	Skala Peta Dasar	<i>Point density</i> (PPM)	1:10.000	≥ 2	1:5.000	≥ 4	1:2.500	≥ 6	1:1.000	≥ 8
Skala Peta Dasar	<i>Point density</i> (PPM)											
1:10.000	≥ 2											
1:5.000	≥ 4											
1:2.500	≥ 6											
1:1.000	≥ 8											

No.	Output	Ketentuan															
		c. Tidak ada <i>gap</i> data LiDAR didalam satu jalur ataupun antar jalur															
12.	<i>Point cloud</i> terkoreksi	a. Perbedaan posisi <i>point cloud</i> kelas <i>ground</i> antar jalur tidak lebih besar dari 10 cm															
13.	<i>Point cloud</i> terklasifikasi	a. Klasifikasi dilakukan berdasarkan format LAS 1.2 dari ASPRS; b. Residual vertikal setiap ICP terhadap kelas <i>ground</i> dan ketelitian vertikal kelas <i>ground</i> terhadap ICP: 0,5 x nilai ketelitian peta															
14.	<i>Intensity image</i>	a. Memiliki resolusi spasial: <table border="1" data-bbox="764 892 1308 1241"><thead><tr><th>Skala Dasar</th><th>Peta</th><th>Resolusi Spasial</th></tr></thead><tbody><tr><td>1:10.000</td><td></td><td>≤ 30 cm</td></tr><tr><td>1:5.000</td><td></td><td>≤ 15 cm</td></tr><tr><td>1:2.500</td><td></td><td>≤ 10 cm</td></tr><tr><td>1:1.000</td><td></td><td>≤ 8 cm</td></tr></tbody></table>	Skala Dasar	Peta	Resolusi Spasial	1:10.000		≤ 30 cm	1:5.000		≤ 15 cm	1:2.500		≤ 10 cm	1:1.000		≤ 8 cm
Skala Dasar	Peta	Resolusi Spasial															
1:10.000		≤ 30 cm															
1:5.000		≤ 15 cm															
1:2.500		≤ 10 cm															
1:1.000		≤ 8 cm															

KEPALA BADAN INFORMASI GEOSPASIAL
REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

HASANUDDIN Z. ABIDIN

Salinan sesuai dengan aslinya,

Kepala Bagian Hukum,



Ida Suryani