

Bab 2

Metode dan Data

2.1 *Dense Point Cloud*

2.1.1 Definisi Point Cloud

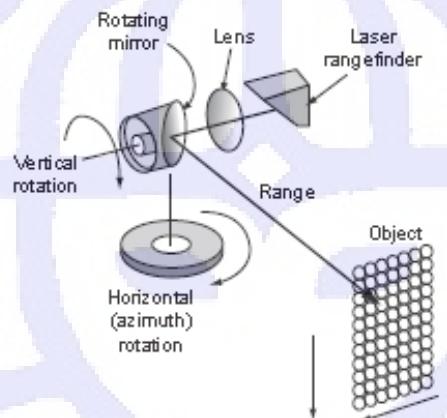
Point Cloud adalah representasi atau model dari permukaan objek nyata yang dinyatakan dalam koordinat tertentu. *Point Cloud* ini dapat direkam dengan menggunakan instrumen survey seperti *Laser Scanner* yang akuisisi datanya dapat melalui media darat (*Terrestrial Laser Scanner*) atau melalui udara (*Airborne Laser Scanner*). Selain itu produk dari pemetaan metode fotogrametri juga dapat menghasilkan *point cloud* yang merupakan hasil dari salah satu proses pengolahan metode pemetaan ini yang dinamakan *dense image matching*.

Point Cloud tidak hanya digunakan dalam ruang lingkup geomatika namun berguna dalam bidang konstruksi maupun pertambangan. Contohnya *Point Cloud* dapat berguna untuk memonitor progres dari sebuah pekerjaan konstruksi dengan mengukur beberapa titik yang nantinya dapat dibandingkan dengan model *As-Built* bangunan konstruksi tersebut. Dalam industri pertambangan, *Point cloud* dengan sangat baik digunakan untuk mengukur seberapa besar dan daerah mana pengeboran yang telah dilakukan (Hannu, dkk., 2016).

2.1.2 Dense Point Cloud dari Terrestrial Laser Scanner (TLS)

Terrestrial Laser Scanner (TLS) adalah instrumen yang menggunakan cahaya laser untuk mengukur secara langsung suatu objek pada permukaan bumi. TLS memiliki prinsip pengukuran dengan menggunakan Laser yang ditembakkan dari instrumen yang berasal dari cermin yang berputar atau prisma. Instrumen ini dibentuk sedemikian rupa supaya dapat mengukur dan memetakan fitur-fitur topografi dari sebuah daerah secara detail bukan hanya menentukan tinggi dari sebuah medan. Namun pada

dasarnya, TLS menggunakan metode polar dengan mengukur jarak dan sudut dari tempat alat berdiri kepada titik-titik disekitarnya. Pada **Gambar 2.1** dijelaskan mekanisme yang bekerja di dalam alat *Laser Scanner*.



Gambar 2.1 Ilustrasi sistem *Terrestrial Laser Scanner* (Shan, dkk. 2009)

Berdasarkan metode pengukuran jarak dengan TLS yang umum digunakan, yakni *Pulse Based (Time-of-Flight)* dan *Phase Base* (Paffenholz, 2012). Metode *Pulse Based* ini adalah pengukuran yang didasarkan kepada waktu tempuh gelombang laser sejak ditembakkan hingga kembali lagi oleh penerima pulsa laser tersebut. Dalam tugas akhir ini, alat TLS tipe TOPCON GLS 2000 ini menggunakan metode *pulse based*. Perhitungan jarak dapat diilustrasikan dalam persamaan di bawah ini (Reshetyuk, 2009),

$$D = \frac{1}{2} \times c \times \Delta t \quad (2.1)$$

keterangan : D : Jarak dari alat ke objek
 c : Kecepatan rambat gelombang (m/s)
 Δt : Waktu tempuh (s)

Instrumen *Terrestrial Laser Scanner* ini dapat dibagi menjadi dua yaitu *Static* dan *Dynamic Laser Scanners*.

1. *Static Laser Scanner* merupakan instrumen yang biasa digunakan TLS pada umumnya yang berdiri di tanah yang tetap. Instrumen tipe ini biasa digunakan untuk pengukuran jarak dan sudut secara simultan yang bekerja pada laju pengukuran kurang lebih 1000 Hz. Keuntungan dari *Static Laser Scanner*

adalah ketelitian yang dihasilkan cukup tinggi dan jumlah titik yang dipindai lebih banyak. Selain itu, *Static Laser Scanners* dapat dibagi menjadi tiga sesuai dengan kemampuannya yaitu *Short Range* dengan kemampuan memindai mulai dari 1m hingga 10m yang biasa digunakan untuk keperluan medis, *Medium Range* dengan kemampuan memindai mulai dari 1m hingga 500m yang biasa digunakan untuk ekstraksi bangunan-bangunan bersejarah, dan *Long Range* dengan kemampuan memindai mulai dari 500m hingga 1000m yang biasa digunakan untuk keperluan pemetaan topografi.

2. *Dynamic Laser Scanners* merupakan salah satu instrumen yang merekam objek dengan posisi alat yang berada pada platform yang berada pada kendaraan yang bergerak setiap saat. Alat yang memiliki prinsip *Dynamic Laser Scanners* membutuhkan bantuan instrumen lain seperti GNSS yang mengakibatkan prinsip ini jauh lebih kompleks dan biaya yang dibutuhkan lebih besar dibandingkan dengan *static laser scanners*.

Pada tugas akhir ini, TLS yang digunakan merupakan *Static Laser Scanners* dengan kemampuan *Long Range*. *Laser scanners* yang dijual oleh vendor perangkat keras, semakin banyak variasi untuk digunakan di berbagai aplikasi. *Laser Scanners* dapat dibagi menjadi 3 bagian berdasarkan tipe akuisisi data yang akan diambil yaitu (Staiger, 2003) :

1. *Panoramic Scanner*

Laser Scanners tipe ini dapat memindai secara keseluruhan 360° secara horizontal dan umumnya 180° secara vertikal sehingga membentuk cakupan setengah bulatan. Bagian kosong yang tidak terekam pada prinsip ini hanya pada instrumen dan tempat instrumen berdiri di atas statif. Hal ini sangat baik digunakan untuk keperluan pemetaan topografi terlebih-lebih untuk keperluan pengukuran bangunan kompleks dan rumit, bagian eksterior Gereja dan ruangan-ruangan terbuka lainnya.

2. *Hybrid Scanner*

Laser Scanners tipe ini dimana proses pindaian tidak terbatas pada satu sumbu rotasi namun biasanya pindaian pergerakan horizontal dengan arahan azimuth diproduksi oleh rotasi vertikal sekeliling sumbu vertikalnya dengan pergerakan

vertikal terbatas pada 50° - 60° . Prinsip *Laser Scanners* ini biasa diaplikasikan untuk keperluan ruangan tertutup.

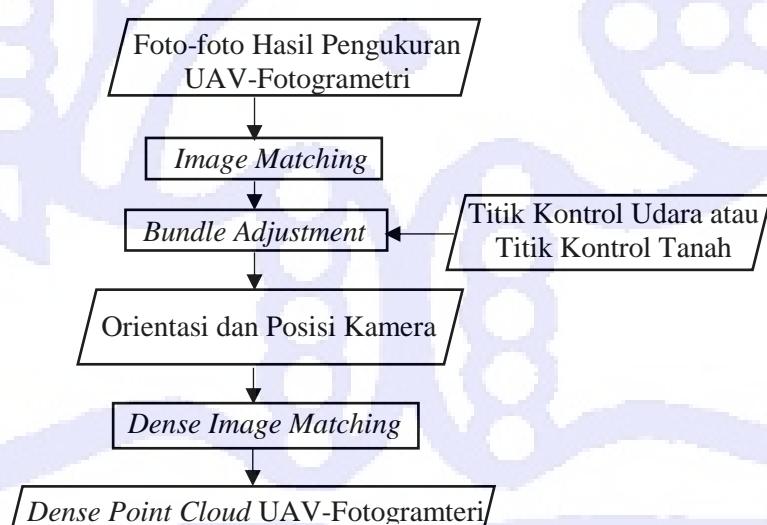
3. Camera Scanner

Laser Scanners tipe ini menerapkan pengukuran jarak dan sudut dengan kisaran sudut yang jauh lebih terbatas dan dengan *Field of View* (FOV) yang spesifik. FOV adalah sudut cakupan yang akan dipindai dalam satu saat. Prinsip *Laser Scanner* ini kurang lebih mirip dengan prinsip yang digunakan oleh *Professional Camera* yang hanya dapat mengambil satu cakupan tertentu saja.

Pada tugas akhir ini, mekanisme akuisisi data yang digunakan yaitu dengan *Panoramic Scanner* dikarenakan cakupannya yang menyeluruh sehingga data yang terekam akan merepresentasikan *real world* lebih baik.

2.1.3 Dense Point Cloud UAV-Fotogrametri

Dense Point Cloud UAV-Fotogrametri dihasilkan melalui beberapa proses penting dalam konsep fotogrametri dasar. Produk UAV-Fotogrametri seperti *Point Cloud* mula-mula berupa foto-foto hasil akuisisi di lapangan yang diolah sedemikian rupa dengan ketentuan dasar fotogrametri. Pada dasarnya hal yang dilakukan pada dalam perangkat lunak pengolah fotogrametri digital dijelaskan dalam **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Tahapan pembentukan *dense point cloud* UAV-Fotogrametri

Secara keseluruhan proses di atas ini terbagi atas *Structure from Motion* (Sfm) dan *Multi View StereoPhotogrammetry* (MVP). *Structure from Motion* (Sfm) adalah proses rekonstruksi 3 dimensi dari *motion signal*/arah pergerakan dan kecepatan akuisisi foto. Yang termasuk dalam proses Sfm adalah *Image Matching* dan *Bundle Adjustment*. *Image Matching* yang merupakan pengidentifikasi objek-objek yang sama pada foto-foto yang berbeda yang menghasilkan *tie points*. Kemudian dilanjutkan dengan proses *Bundle Adjustment* yang merupakan proses perbaikan rekonstruksi visual foto untuk menghasilkan struktur tiga dimensi yang input awalnya yaitu *Ground Control Points* (GCP) dan parameter kalibrasi kamera. Hasil utama dari proses *Bundle Adjustment* ini yaitu orientasi dan posisi kamera.

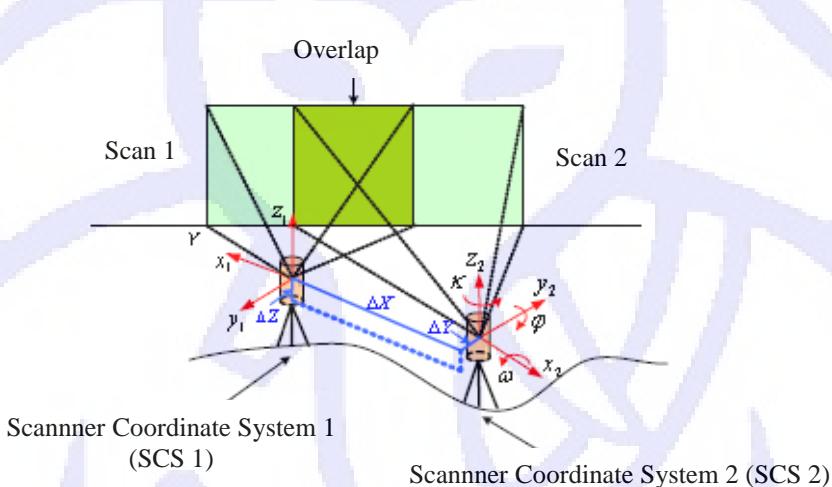
Sedangkan MVP merupakan proses pembentukan *orthophoto* dan proses *Dense Image Matching* (DIM). Proses MVP dimulai dari proses *Dense Image Matching* (DIM) hingga ortofoto. *Dense point cloud* dapat dihasilkan dengan melakukan proses *dense image matching* yang merupakan proses penentuan nilai ketinggian dari setiap nilai piksel pada foto digital hasil *Bundle Adjustment*. Implementasi dari metode ini memerlukan beberapa parameter seperti pasangan foto dengan orientasi luar dan dalam yang sudah diketahui dan geometri epipolar supaya mendapatkan hasil yang baik dan akurat. Proses ini menghasilkan 2 jenis struktur data, bukan hanya kumpulan titik-titik 3 dimensi (*dense point cloud*) namun juga dapat menghasilkan *Digital Surface Model* (DSM) dalam bentuk *grid raster*.

Untuk menyelesaikan alur kerja fotogrametri digital, proses terakhir yaitu pembentukan ortofoto. Namun dalam penelitian ini, proses berhenti saat *point cloud* UAV-Fotogrametri sudah didapatkan. Sehingga proses pembentukan ortofoto tidak termasuk dalam penelitian ini.

2.2 Teknik Registrasi *Dense Point Cloud TLS*

Proses mensejajarkan beragam kumpulan titik-titik 3 dimensi (*point cloud*) menjadi suatu model yang lengkap biasa disebut dengan registrasi. Proses untuk mendapatkan bentuk nyata dari suatu objek memerlukan pertampalan yang cukup untuk membentuk suatu objek yang sempurna. **Gambar 2.3** menunjukkan pentingnya pengambilan

pindaian dari beberapa sudut pandang untuk objek yang cukup besar. SCS1 pada gambar dibawah merupakan posisi alat berdiri di titik 1 dan SCS 2 merupakan posisi alat berdiri di titik 2. Perbedaan sistem koordinat yang digunakan pada posisi alat 1 dan posisi alat 2 maka diperlukan parameter transformasi untuk menyatukan kedua pindaian tersebut yaitu 3 parameter translasi (ΔX , ΔY , ΔZ) dan 3 parameter rotasi yaitu (ω , φ , κ) sesuai dengan ketentuan Transformasi Helmert 3D tanpa faktor skala (Reshetyuk, 2009).



Gambar 2.3 Ilustrasi teknik registrasi secara umum (Resthuyuk, 2009)

Dalam tugas akhir ini, metode registrasi yang digunakan ada 2 yaitu metode *target to target* dan *cloud to cloud*. Kedua metode ini digunakan sesuai dengan kenampakan dari antar *station* TLS dan tersedianya daerah yang terbuka yang berguna untuk pengukuran koordinat *station* dengan alat GNSS.

2.2.1 Registrasi Target to Target

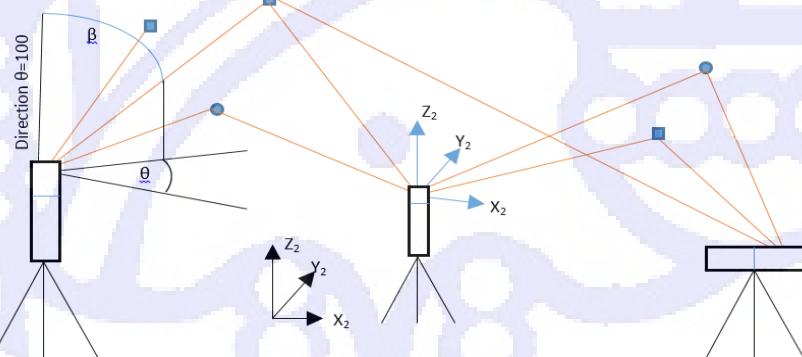
Metode registrasi ini diterapkan dengan menempatkan suatu target yang berada di dalam jangkauan pindaian dari *Terrestrial Laser Scanner*. Target yang diletakkan di daerah tersebut nantinya akan digunakan sebagai acuan registrasi dikarenakan koordinat target tersebut sudah diketahui (Vosselman, 2010). Hal terpenting yang perlu diperhatikan saat menggunakan teknik registrasi ini adalah menentukan koordinat titik berdiri alat dan antara posisi berdiri alat harus saling terlihat. Target yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah reflektor, instrumen yang sering dan biasa digunakan untuk menjadi target pada pemetaan topografi. Reflektor yang dijadikan

target sudah menjadi instrumen tambahan bawaan dari pabrikasi alat yang digunakan yaitu TOPCON yang ditunjukkan dalam **Gambar 2.4**. Ilustrasi teknik registrasi ini dijelaskan pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.4 Reflektor alat TLS GLS 2000

Kelebihan dari teknik registrasi ini adalah teknik ini dapat diterapkan pada hampir semua keadaan lapangan dengan adanya target sebagai kontrol. Sedangkan kekurangan dari teknik ini yaitu memerlukan usaha lebih untuk menentukan posisi dari target supaya dapat terlihat dari posisi alat berdiri dan memakan waktu yang lebih untuk *setting* instrumen dan target.



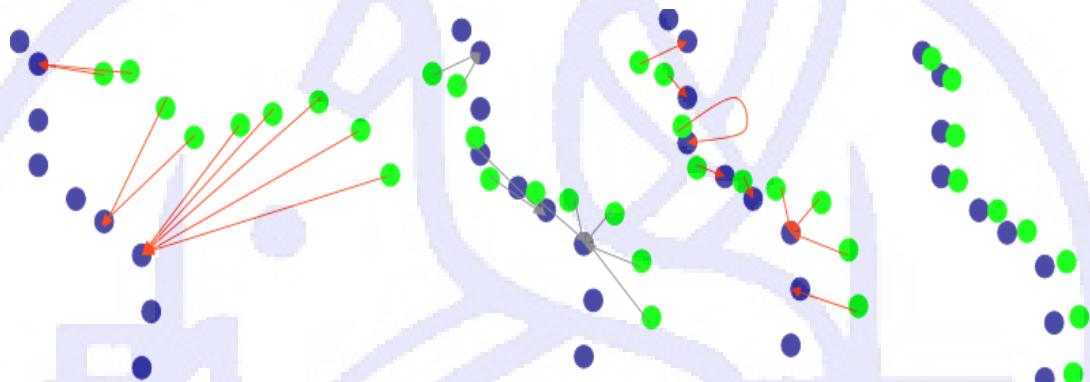
Gambar 2.5 Teknik registrasi *target to target* (Pfeifer, 2007)

2.2.2 Registrasi Cloud to Cloud

Metode *Cloud to Cloud* ini memiliki konsep mencari *offset* atau jarak terdekat yang didapatkan dari titik yang sama dari dua posisi berdiri alat diantara berjuta-juta sebaran *Point Cloud* yang didapatkan dari satu kali berdiri alat. Prinsip metode ini yaitu dengan merencanakan titik berdiri alat sehingga suatu objek dapat terlihat dari beberapa sudut

pandang dengan kata lain memiliki daerah pertampalan yang banyak dan besar. Semakin besar daerah pertampalan yang dilakukan pada suatu objek, maka akan semakin baik hasil registrasi yang didapatkan. Teknik registrasi ini dapat ditunjukkan pada **Gambar 2.6**.

Kelebihan metode *cloud to cloud* adalah apabila hasil registrasi memiliki ketelitian yang kurang maka data diulang lagi dengan menggunakan titik ikat yang lain tanpa harus melakukan pengukuran kembali. Selain itu dengan registrasi metode *cloud to cloud* maka lebih efisien dalam hal waktu dan biaya, karena pada saat melakukan pengukuran tidak memerlukan identifikasi target sehingga waktu yang dibutuhkan lebih singkat. Kekurangan untuk metode ini kualitas registrasinya paling rendah dibanding dengan metode lainnya.

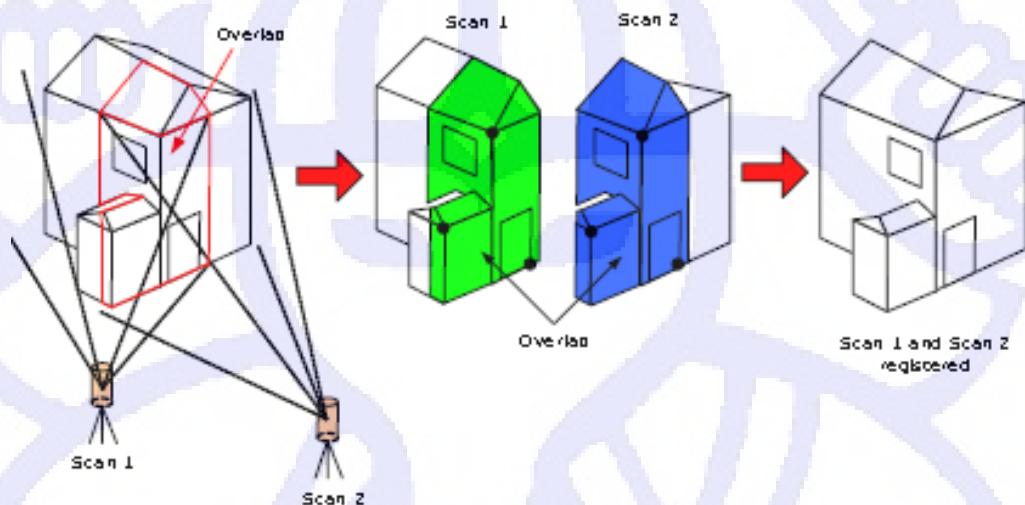


Gambar 2.6 Teknik registrasi *cloud to cloud* (pfifer ,2007)

2.2.3 Registrasi Feature-Based

Teknik registrasi berdasarkan objek ini memerlukan objek di lapangan yang akan dijadikan sebagai acuan. Prinsip yang digunakan hampir sama seperti teknik registrasi *Cloud to Cloud* dimana objek yang sama yang dijadikan acuan tersebut harus bertampalan pada setidaknya 2 sudut pandang (tempat berdiri alat) yang berbeda. Namun, teknik registrasi ini tidak terlalu mementingkan seberapa banyak objek tersebut memiliki pertampalan karena syarat terpenting yaitu geometri objek yang dijadikan acuan terlihat jelas. Pada **Gambar 2.7** dijelaskan prinsip dari teknik registrasi *Feature-Based*.

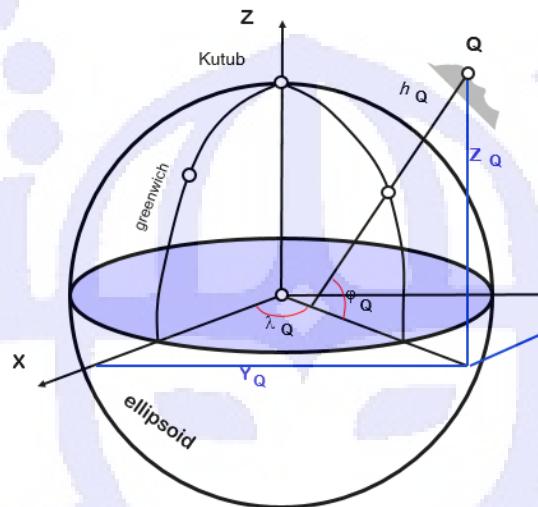
Kelebihan dari teknik ini adalah teknik yang sangat baik digunakan untuk objek-objek yang memiliki bentuk dan geometri yang tetap dan kompleks. Sedangkan kekurangan teknik ini hanya dapat digunakan pada daerah tertentu saja.



Gambar 2.7 Teknik registrasi *refeature based* (Resthuyuk, 2009)

2.3 Penyetaraan Datum dan Kerapatan data TLS dan UAV

Posisi suatu titik biasanya dinyatakan dengan koordinat (dua dimensi atau tiga dimensi) yang mengacu pada suatu sistem koordinat tertentu. Sistem koordinat itu sendiri didefinisikan dengan tiga komponen utama yaitu lokasi titik nol dari sistem koordinat, orientasi dari sumbu-sumbu koordinat, dan besaran (kartesian, *curvalinier*) yang digunakan untuk mendefinisikan posisi suatu titik dalam sistem koordinat tersebut. Setiap parameter dari sistem koordinat tertentu dapat dispesifikasi lebih lanjut, dan berdasarkan pada spesifikasi parameter yang digunakan maka dikenal beberapa jenis sistem koordinat (Abidin, 2006). Salah satu sistem koordinat yang sudah umum dikenal yaitu sistem koordinat Kartesian dan Geodetik. Sistem Kartesian dan Geodetik ini merupakan penamaan satuan koordinat yang digunakan. Untuk sistem koordinat Kartesian menggunakan satuan x, y, dan z, sedangkan sistem koordinat Geodetik menggunakan satuan Lintang, Bujur, Tinggi. Ilustrasi dari sistem koordinat geodetik ini dapat dijelaskan dalam **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8 Sistem koordinat geodetik (Abidin, 2007)

2.3.1 Datum Dense Point Cloud TLS

Hasil pindaian dari alat *Terrestrial Laser Scanner* pada awalnya berada pada sistem koordinat toposentrik dengan nilai X, Y, dan Z yang nilai tempat berdiri alat ditentukan oleh diri kita sendiri. Koordinat lokal yang dimaksud yaitu dengan meletakkan salib sumbu pada tempat “sembarang” baik kedua-duanya atau salah satu saja. Dengan diikatnya sistem koordinat lokal di atas dengan pengukuran GNSS, maka sistem koordinat setiap *Point Cloud* yang dipindai mengacu ke sistem koordinat GNSS yang digunakan. Pengukuran GNSS dilakukan di beberapa titik berdiri alat dengan kondisi posisi titik baik untuk dilakukan pengukuran GNSS. Pada penelitian ini, GNSS yang digunakan adalah GNSS Tipe Geodetik Dual Frekuensi yang mengadopsi sistem koordinat Geosentrik. Sistem koordinat Geosentrik ini memiliki titik nol yang berlokasi di titik pusat bumi, mengadopsi sistem kerangka *Earth-centred Earth-fixed* (ECEF).

2.3.2 Datum Dense Point Cloud UAV

Point Cloud hasil olahan dari proses *Multi View Stereophotogrammetry* (MVP) pada penelitian ini sudah memiliki koordinat dikarenakan UAV yang digunakan sudah memiliki modul pengamatan GNSS. Sistem koordinat yang diadopsi merupakan sistem koordinat Geosentrik.

2.3.3 Metode Penyetaraan Datum

Pengukuran terestris dengan menggunakan TLS dalam penelitian ini mengacu kepada sebuah bidang yang harus direduksi ke dalam bidang ellipsoid. Proses ini disebut dengan *reduction to sea level*. Hal ini disebabkan bidang dari pengukuran dengan bidang ellipsoid yang akan kita gunakan pada proses selanjutnya tidak sama. Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam proses reduksi ini. Metode pertama yaitu dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$s = L_h + L_c^3 / (24 R_a^2) \dots \quad (2.4)$$

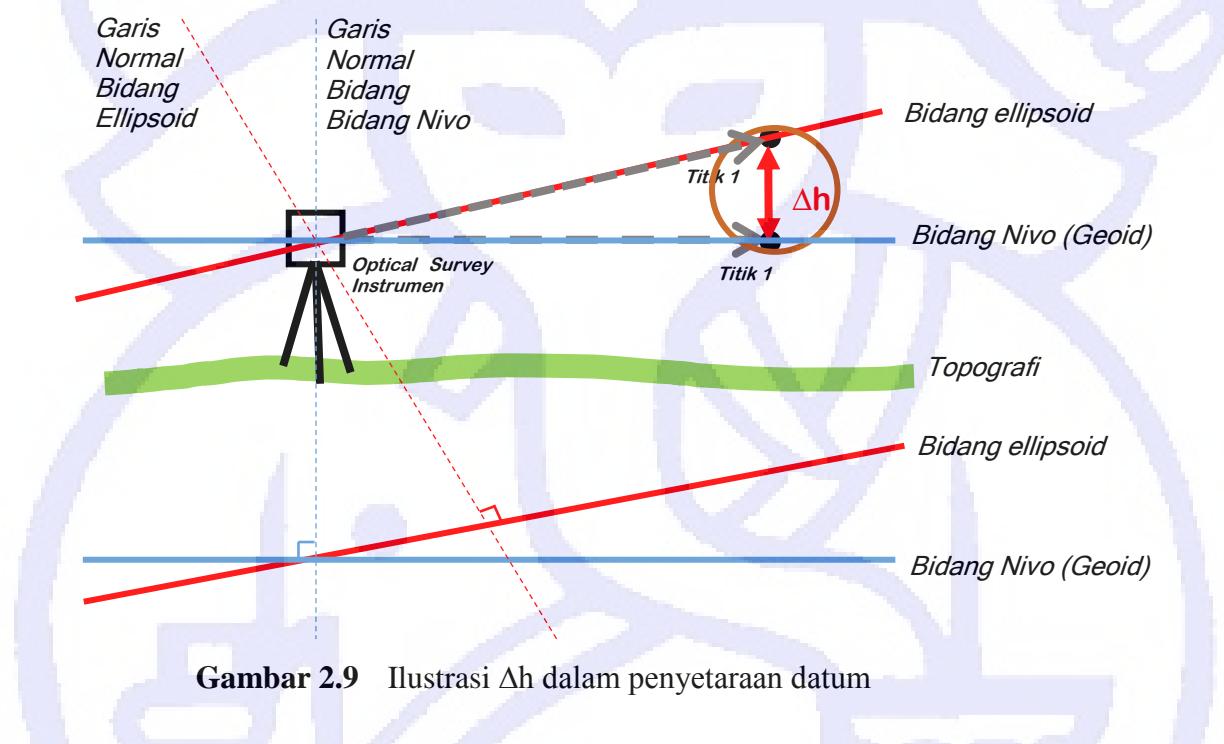
keterangan :

- | | |
|------------|--|
| Lh&Lc | : parameter reduksi tinggi |
| L_0 | : ukuran Kemiringan Jarak |
| Δh | : selisih tinggi titik h_1 dan h_2 |
| Hm | : nilai rata-rata tinggi |
| Ra | : jarak kelengkungan |
| s | : nilai reduksi tinggi |

Metode ini menggunakan prinsip pendekatan (*approximation*) tetapi error yang dihasilkan tidak dianggap pada kebanyakan situasi. Hasil nilai reduksi yang dihasilkan dari persamaan (2.4) sering dihilangkan pada rentang jarak dibawah 10 km (Vincenty, 2013). Pada penelitian ini, jarak antar titik berdiri alat TLS yaitu ± 20 meter. Dengan demikian, perubahan tinggi dan arah dari bidang tidak akan terlalu signifikan. Sehingga seluruh *point cloud* sudah dapat dianggap berada pada datum horizontal dan vertikal yang serupa.

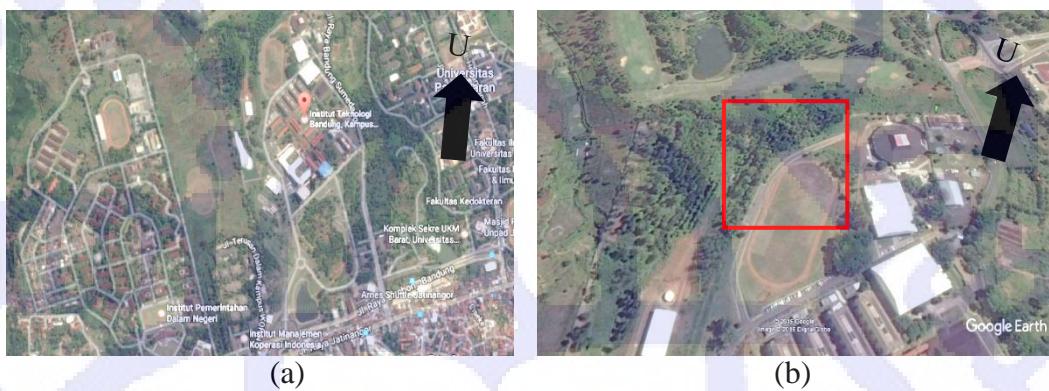
Pengukuran instrumen survey berbasis optis pada dasarnya mengacu pada suatu bidang yaitu bidang nivo. Bidang nivo ini merupakan acuan *levelling* pada saat instalasi alat sehingga posisi alat dan seluruh titik target sejajar dengan bidang ekuipotensial bumi pada titik berdiri alat. Dengan diikatkannya pengukuran yang berbasis optis pada umumnya dengan pengamatan GNSS maka bidang acuan instrumen berubah menjadi bidang ellipsoid. Garis normal antar kedua bidang ini

berbeda sehingga menimbulkan perbedaan tinggi dan arah walaupun tidak signifikan/mempengaruhi. Walupun tidak signifikan, perbedaan ketinggian antara bidang acuan nivo (geoid) dengan GNSS (ellipsoid) harus tetap direduksi. Jika kita lihat berdasarkan **Gambar 2.9**, terdapat perbedaan ketinggian bidikan dengan titik yang sama namun posisi akhir yang berbeda karena telah berpindah bidang acuan.



2.4 Studi Kasus Daerah Institut Teknologi Bandung Kampus Jatinangor

Institut Teknologi Bandung Kampus Jatinangor merupakan salah satu kampus dari beberapa kampus yang dimiliki oleh Institusi ini. Kampus yang sebelumnya merupakan kampus Universitas Winayamukti secara geografis berada di Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat ini dengan luas sebesar ± 47 hektar. Area kampus ITB Jatinangor berbatasan langsung dengan area kampus Universitas Padjajaran (Unpad) dan Institut Pendidikan Dalam Negeri (IPDN) yang dapat dilihat pada **Gambar 2.10**. Lokasi dari ITB Kampus Jatinangor ini dapat dilihat dalam **Gambar 2.10**.



Gambar 2.10 Lokasi Penelitian (a) dan fokus wilayah penelitian (b)

Lahan kampus ITB-Jatinangor memiliki topografi bervariasi dengan ketinggian tertinggi berada pada sisi utara. Jika dilihat langsung di lapangan, Kampus Jatinangor ini memiliki topografi yang cukup ekstrim sehingga cocok untuk penelitian ini supaya perbedaan yang terlihat dapat membawa hasil yang signifikan. Daerah penelitian yang digunakan yaitu daerah pepohonan arah Utara dari Lapangan Sepak Bola Institut Teknologi Bandung Kampus Jatinangor.

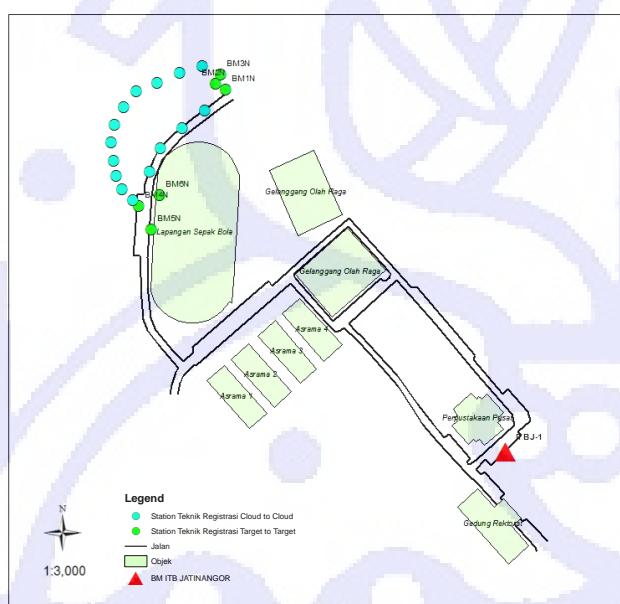
2.4.1 Pengambilan Data TLS dan UAV-Fotogrametri

Proses akuisisi hingga pelaksanaan pengukuran untuk penelitian ini terdiri dari pengukuran menggunakan alat TLS dan pengolahan data UAV. Berikut penjelasan dari masing-masing proses 2 alat yang digunakan.

a. Perencanaan dan Pengambilan Data TLS

Proses perencanaan diawali dengan penentuan daerah di sekitar Kampus Jatinangor yang paling cocok dengan kriteria penelitian yang memerlukan wilayah dengan medan yang cukup variatif dan ekstrem. Perencanaan dan survey daerah penelitian dilaksanakan pada tanggal 1 Februari 2017 pukul 08.00-10.00 WIB. Hal-hal yang dikerjakan pada perencanaan ini yaitu penentuan tempat berdiri alat TLS dan survei penentuan *base* yang akan digunakan pada saat pengukuran GNSS yaitu dengan menggunakan *benchmark* ITB-01 yang terletak di depan Gedung Perpustakaan ITB Kampus Jatinangor. Pengambilan data terdiri dari pengukuran data TLS dan survey GNSS.

Penempatan *Station* yang digunakan terbagi atas 2 kebutuhan yaitu *station* yang menggunakan teknik registrasi *Backsight* (*Target to Target*) dan teknik registrasi *Cloud to Cloud*. Penempatan *station* ini juga memerlukan kriteria yaitu dengan mempertimbangkan beberapa aspek seperti wilayah yang tidak ditutupi oleh pepohonan atau dikelilingi bangunan, kenampakan antar titik berdiri alat TLS, dan jangkauan pemindaian. Pengukuran TLS menggunakan resolusi 12.5 mm (medium) dengan lama waktu pemindaian per *station* adalah ± 5 menit. Jumlah *station* dengan teknik registrasi *Target to Target* yaitu 6 *station* yang terdiri dari masing-masing 3 *station* di atas dan di bawah. Kemudian teknik registrasi *Cloud to Cloud* berjumlah 15 *station* yang tersebar diantar 6 *station* di atas. **Gambar 2.11** merupakan ilustrasi penempatan *station* dalam penelitian ini. Titik berwarna hijau merupakan *station* dengan metode *Cloud to Cloud* sedangkan titik berwarna kuning menggunakan metode *Target to Target*.



Gambar 2.11 Persebaran *station* TLS

Pengukuran TLS dimulai tanggal 1 Februari 2017 pukul 10.00-17.00 WIB dengan menggunakan alat TOPCON GLS-2000. Namun karena waktu tidak cukup, tersisa 4 *station* dengan teknik registrasi *Cloud to Cloud* yang diukur keesokan harinya 2 Februari 2017 pukul 08.00-10.00 WIB. Pada **Gambar 2.12** merupakan alat TLS yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2.12 TLS TOPCON GLS-2000 (Sumber : TOPCON)

Kemudian dilanjutkan dengan pengukuran GNSS untuk *station* dengan teknik registrasi *Target to Target*. Pengukuran GNSS ini dilakukan di hari yang sama pukul 10.00-17.00 WIB dengan menggunakan GNSS Tipe Geodetik SOKKIA GCX-2 yang berjumlah 2 unit yang digunakan sebagai *base* dan *rover* dalam pengukuran. Pengukuran di setiap *station* diukur selama \pm 30 menit. **Gambar 2.13** merupakan alat GNSS yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2.13 GNSS SOKKIA GCX-2 (Sumber : SOKKIA)

b. Perencanaan dan Pengambilan Data UAV-Fotogrametri.

Akuisisi data UAV telah dilakukan sebelumnya sehingga data telah tersedia dan sudah siap untuk digunakan. Namun, dikarenakan pentingnya sumber data yang didapatkan, maka dalam hal ini akan dijelaskan secara singkat perencanaan hingga akuisisi data yang dilakukan menggunakan UAV-Fotogrametri. Perencanaan ini terbagi atas 2 yaitu perencanaan akuisisi foto udara dan penempatan lokasi dan jumlah titik kontrol.

Perencanaan akuisisi foto udara yang dilakukan yaitu dimulai dari mempertimbangkan luas daerah serta medan yang akan dipetakan. Hal ini dilakukan sebagai pedoman awal untuk menentukan spesifikasi terbang yang diberikan pada saat akuisisi data. Spesifikasi terbang ini meliputi banyak hal, seperti resolusi yang diterapkan sesuai dengan kegunaan produk peta foto selanjutnya. Kemudian menentukan *Ground Sample Distance* (GSD) yang merupakan besar ukuran piksel sebenarnya pada tanah. GSD yang umumnya digunakan yaitu 5-10 cm untuk pemetaan skala besar dan 1-2 m

untuk pemetaan skala kecil. Hal terakhir yang dipersiapkan yaitu perencanaan jalur terbang. Perencanaan ini meliputi penentuan tinggi terbang yang didapatkan dari *focal length* kamera yang digunakan dan GSD yang telah ditentukan sebelumnya dan prosentase *Overlap* dan *Sidelap* yang digunakan. Besar prosentase ini ditentukan dari kebutuhan kualitas data. Dalam tugas akhir ini spesifikasi yang digunakan adalah besar *Overlap* dan *Sidelap* 80%, besar GSD yaitu 5.42 cm/pix, tinggi terbang yaitu 250m, jalur terbang yaitu 9 jalur dengan jarak antar jalur terbang yaitu 117.5m.

Pengambilan data dilakukan 30 Desember 2016 di Institut Teknologi Bandung Kampus Jatinangor pukul 09.00 hingga selesai. Akuisisi foto udara ini menggunakan kamera Sony α6000 ILCE Mirrorless dengan *focal length* 20mm. Kamera ini dibangun sedemikian rupa didalam *Fixed Wing Skywalker*. Dalam tugas akhir ini, pengukuran tidak menggunakan titik kontrol karena menggunakan UAV yang didalamnya terdapat alat *V-Map Receiver GNSS* tipe Geodetik dual frekuensi. Alat ini berfungsi supaya titik eksposur dapat memiliki koordinat yang teliti sehingga dapat mengurangi jumlah titik kontrol atau bahkan sama sekali tidak menggunakan titik kontrol. Sedangkan *Independent check point* yang digunakan berjumlah 20 titik yang tersebar di seluruh ITB Kampus Jatinangor sesuai dengan konfigurasi terbaik. Berikut UAV-Fotogrametri yang digunakan saat pengambilan data ditunjukkan dalam **Gambar 2.14**.



Gambar 2.14 Kamera α6000 dan fixed wing skywalker (Sumber : Firdaus, 2016)

c. Pengambilan Data Pembanding

Data pembanding yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Independent check point* Akuisisi dan *Independent check point* yang sebelumnya telah ada. *Independent check point* akuisisi data pembanding ini dilakukan dengan menggunakan alat GNSS CHC i80. Pengukuran GNSS dilakukan untuk pengukuran *Independent check point* (ICP) yang sebagai referensi untuk pengujian kualitas data TLS yang menggunakan GNSS CHC i80 yang ditunjukkan pada **Gambar 2.15**.



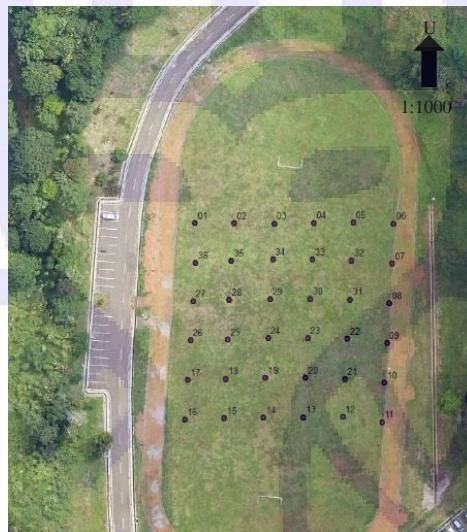
Gambar 2.15 GNSS CHC i80 (Sumber : www.chcnav.com)

Dalam penelitian ini, akuisisi data GNSS ini dilakukan dengan metode pengukuran *Real Time Kinematic* (RTK) yang menghasilkan koordinat ICP ini secara langsung pada saat pengukuran di lapangan. Base yang digunakan adalah GPS CORS BIG dan rover yang berpindah-pindah ke seluruh titik ICP. Jumlah ICP yang diambil yaitu 18 titik yang tersebar diseluruh wilayah penelitian. Berikut pada **Gambar 2.16** merupakan persebaran *Independent check point* yang diakuisisi.



Gambar 2.16 Persebaran Independent check point Akuisisi

Letak dan jumlah dari ICP ini dengan mempertimbangkan titik-titik tersebut harus setidaknya mencakup sebagian dari wilayah penelitian. Kemudian *Independent check point* yang digunakan selanjutnya adalah ICP yang sebelumnya telah diakuisisi. Pada **Gambar 2.17** ditunjukkan sebaran ICP yang digunakan.



Gambar 2.17 Persebaran *Independent check point* yang telah ada

2.4.2 Skenario Pengolahan Integrasi Data TLS dan UAV

Sesuai dengan tujuan dari tugas akhir ini yaitu mengintegrasikan *Point Cloud* UAV-Fotogrametri dan TLS maka ada beberapa skenario yang dilakukan untuk membantu tujuan ini dapat tercapai. Skenario yang dimaksud adalah proses-proses eksperimen yang dilakukan dalam tugas akhir ini. Pembahasan lebih lanjut dari skenario dibawah ini akan dibahas dalam bab 3. Beberapa skenario tersebut adalah

1. Mengintegrasikan DTM hasil pengolahan *point cloud* TLS dan *point cloud* UAV-Fotogrametri,
2. Pengecekan kualitas TLS dan UAV dengan menggunakan *Independent check point* Akuisisi dan *Independent check point* yang sebelumnya telah ada.
3. Perbandingan dan nilai hasil *profiling* beberapa daerah pada DTM Integrasi TLS dan UAV-Fotogrametri dengan UAV-Fotogrametri.