

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Penelitian Terdahulu

Banjir merupakan salah satu bencana yang dapat terjadi di mana saja, di hampir seluruh permukaan daratan pada belahan bumi ini (Priyana dkk., 2015). Daerah dengan bentuk topografi yang berupa cekungan maupun dataran rendah dengan nilai *slope* yang kecil sering kali menjadi daerah rawan banjir. Dalam penanganan yang optimal untuk bencana banjir, diperlukan perencanaan dengan hasil mendekati kondisi nyata. Pendekatan yang sering dilakukan adalah dengan menggunakan *software* untuk melakukan perencanaan simulasi banjir (Oktaga dkk., 2015).

Penggunaan teknologi Sistem Informasi Geografis (*SIG*) dalam bidang kebencanaan paling umum adalah untuk memetakan kawasan-kawasan rawan atau berisiko bencana, peta jalur evakuasi, dan peta rencana kontigensi (Priyana dkk., 2015). Pemodelan spasial dengan Sistem Informasi Geografis (*SIG*) dapat digunakan untuk memetakan daerah rawan genangan dan untuk menghitung risiko kerugian akibat banjir luapan itu sendiri (Cahyono dkk., 2015). Berbagai model untuk melakukan integrasi antara model simulasi dengan Sistem Informasi Geografis (*SIG*) telah banyak berkembang, salah satu model yang mengintegrasikan antara model Hidraulika dengan Sistem Informasi Geografis (*SIG*) adalah Hec-GeoRAS yang ada pada *tools* ArcGIS yang mana telah dikembangkan oleh *US Army* (Sari dkk., 2013).

Penelitian tentang banjir luapan di beberapa wilayah telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya dengan menggunakan berbagai macam pendekatan. Peneliti-peneliti tersebut antara lain: Wirustyastuko dkk., 2013; Yulianto dkk., (2010); Marhendi dkk., (2017); Aulia dkk., (2017); Priyana dkk., (2015); Afrianto dkk., (2015); Sunarko dkk., (2011); Cahyono dkk., (2015); Sari dkk., (2013).

Salah satu data yang diperlukan dalam pembuatan peta genangan adalah data citra dari lokasi yang ditinjau. Data citra dapat dihasilkan dari berbagai macam situs, seperti *Quicbird*, *Google Maps*, dll. Dalam Tugas Akhir ini, data

citra yang digunakan berdasarkan dari pengukuran lapangan menggunakan drone.

Drone merupakan pesawat tanpa pilot, dimana pesawat ini dikendalikan secara otomatis melalui program komputer yang dirancang, atau melalui kendali jarak jauh dari pilot yang terdapat di dataran atau di kendaraan lainnya (Emirul, 2016). Pesawat tanpa awak (drone) mampu untuk melakukan pelacakan posisi dan orientasi dari sensor yang diimplementasikan dilapangan dengan sistem lokal ataupun dengan koordinat global (Eisenbeiss, 2009 dalam Utomo, 2017).

Penggunaan drone menghasilkan gambar/citra dengan resolusi spasial yang besar, tidak terkendala awan, karena pengoperasiannya pada ketinggian di bawah awan (Utomo, 2017). Dengan menggunakan pesawat tanpa awak (drone), skala kedetailan data menjadi sangat tinggi serta proses untuk pengumpulan datanya menjadi sangat mudah (Tejada dkk., 2014).

Drone pertama kali dibuat untuk kebutuhan militer, guna sebagai alat mengintai pergerakan musuh. Pesawat tanpa awak (Drone) dikembangkan oleh militer Amerika Serikat (AS) untuk pengawasan dan pengintaian kembali pada perang dunia pertama dan perang dunia kedua sebagai *prototipe* (Ahmad, 2011). Seiring berkembangnya teknologi, pemanfaatan teknologi drone tidak hanya dibidang militer saja. Aplikasi drone untuk pemetaan vegetasi wilayah perkotaan (Feng dkk., 2015), aplikasi drone untuk pengambilan data lalu lintas di persimpangan (Lovita dkk., 2017), aplikasi drone untuk pemetaan tanah longsor (Fernandez dkk., 2016), aplikasi drone yang digunakan untuk proses pemetaan pertanian (Candiago dkk., 2015), aplikasi drone untuk pemetaan air dalam tanah (*Ground Water Level*) pada tanah gambut (Rahman dkk., 2017), aplikasi drone untuk pemantauan visual proses pelaksanaan proyek konstruksi baik jembatan ataupun gedung (Ham dkk., 2016).

Pada Tugas Akhir ini, peneliti akan meneliti tentang pemanfaatan teknologi drone untuk permodelan banjir luapan sungai di daerah aliran Sungai Kali Opak yang di fokuskan sebagai peta dasar (*layer*) dalam bentuk peta *Orthophoto* yang akan digunakan dalam pembuatan peta genangan banjir luapan sungai. Untuk hasil genangan banjir luapan sungai digunakan tiga

macam *software* yakni : 1) *software* ArcGIS 10.1 yang digunakan pada saat pembuatan *geometry* sungai dan pembuatan peta genangan; 2) *tools* Hec-GeoRAS 10.1 yang digunakan sebagai alat bantu pada *software* ArcGIS untuk membentuk *geometry* sungai; 3) *software* Hec-RAS 5.0.3 yang difungsikan sebagai sarana untuk simulasi banjir itu sendiri.

2.2. Landasan Teori

Dalam mengerjakan penelitian ini, digunakan berbagai macam cara serta ilmu yang dipakai dalam menyelesaikan penelitian tersebut, antara lain :

2.2.1. Siklus Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya, dan hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup (Triatmodjo, 2016). Jadi bisa dikatakan, hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang air.

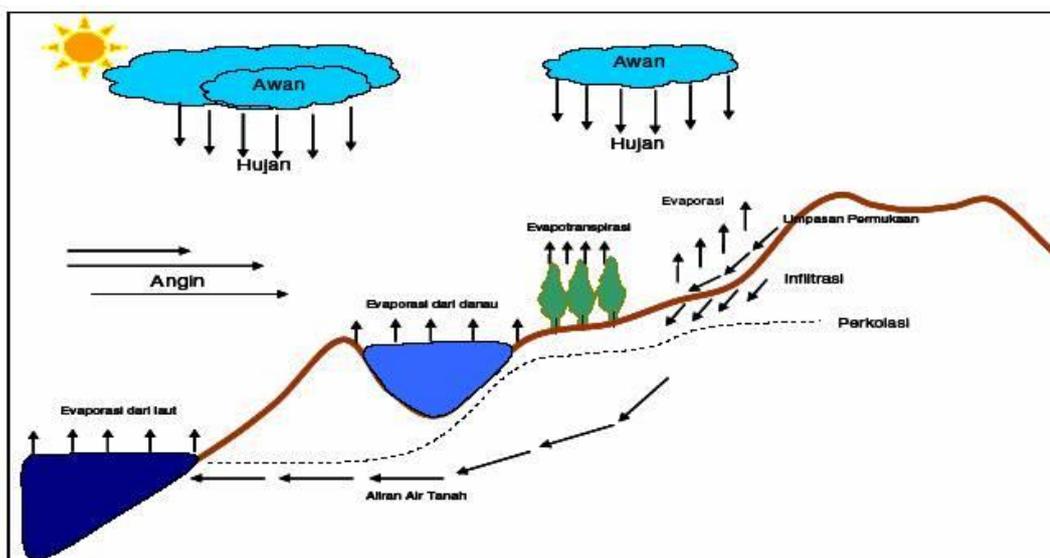
Pergerakan air terjadi secara terus menerus yang disebut dengan siklus hidrologi. Siklus hidrologi adalah proses dimana air bergerak secara terus menerus dimulai dari atmosfer yang berbentuk dalam bentuk awan kemudian turun kebumi dalam bentuk hujan, yang dimana air tersebut bisa masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*) dan ada juga yang melimpas di atas permukaan tanah (*Run off*) yang akan mengalir sampai ke laut. Kemudian dari panas matahari akan menguap dan kembali lagi menjadi bentuk awan yang mengandung air. Secara umum, siklus hidrologi dapat dilihat pada Gambar 2.1. Sumber dari Gambar 2.1. diakses di hari senin, 21 Mei 2018 pada pukul 08.00 pada situs <http://indraciminx.blogspot.co.id/2013/07/siklus-hidrologi.html>.

Air yang jatuh di permukaan bumi dan terserap oleh tanah disebut dengan proses *infiltrasi* yang kemudian menjadi aliran air dalam tanah (*Ground Water*), sedangkan air yang tidak terserap oleh tanah akan menjadi limpasan permukaan (*Run off*). Limpasan permukaan tersebut biasanya dipengaruhi oleh tata guna lahan (*landuse*) di area sekitarnya.

Ilmu hidrologi sangat berpengaruh dalam penelitian ini, dimana *output* dari ilmu hidrologi merupakan *input* dari ilmu hidraulika, yakni debit. Debit

dalam satuannya adalah meter kubik per detik (m^3/s) yang dimana artinya air sebanyak 1 meter kubik mengalir dalam waktu 1 detik.

Nilai debit dapat dihasilkan dengan berbagai cara, diantaranya 1) dari pencatatan *AWLR* (*Automatic Water Level Recording*) yang di pasang di daerah badan dari sungai, 2) debit yang menggunakan curah hujan yang jatuh di area Daerah Aliran Sungai (DAS) yang ditinjau. Pada penelitian ini debit yang digunakan adalah debit yang tercatat disalah satu *AWLR* milik Sungai Kali Opak yakni *AWLR* Karangsemut dengan nilai debit maksimum $83,2 \text{ m}^3/\text{s}$ pada tahun 2010.



Gambar 2.1. Siklus Hidrologi.

2.2.2. Analisis Hidraulika

Hidraulika berasal dari kata *hydor* dalam bahasa Yunani yang berarti air. Dengan demikian ilmu hidraulika dapat didefinisikan sebagai cabang dari ilmu teknik yang mempelajari perilaku air baik dalam keadaan diam maupun bergerak (Triatmodjo, 2014). Dalam ilmu hidraulika terdapat dua macam jenis saluran yakni saluran tertutup dan saluran terbuka. Hal yang membedakan dari saluran tersebut adalah tekanan atmosfer, saluran tertutup tidak ada hubungannya dengan tekanan atmosfer sedangkan untuk saluran terbuka berhubungan dengan tekanan atmosfer.

Dalam ilmu hidraulika terdapat juga dua jenis aliran yakni aliran tunak atau yang sering disebut dengan aliran *steady flow* dan aliran yang tidak tunak atau dengan nama lainnya yakni *unsteady flow*. Hec-RAS merupakan salah

satu *software* yang bisa digunakan untuk memodelkan ilmu hidraulika baik dengan aliran *steady flow* ataupun aliran yang *unsteady flow*.

Aliran *steady flow* dalam *software* Hec-RAS menggunakan debit maksimum yang terjadi di area tinjauan tanpa di pengaruhi oleh waktu, kemudian untuk aliran *unsteady flow* data debit yang digunakan biasanya berupa debit sintetis yang menghubungkan antara curah hujan dan waktu terjadinya. Pada penelitian ini, digunakan jenis aliran yang *steady flow* dikarenakan debit yang digunakan adalah debit maksimum pencatatan AWLR disalah satu daerah Sungai Kali Opak.

2.2.3. Banjir

Banjir merupakan salah satu bencana yang dapat terjadi di mana saja, di hampir seluruh permukaan daratan pada belahan bumi ini (Priyana dkk., 2015). Secara umum banjir yang terjadi di Indonesia dapat di kelompokkan menjadi tiga macam, yakni : 1) banjir akibat meluapnya sungai atau yang sering disebut dengan banjir luapan, dimana banjir yang terjadi dikarenakan volume air yang melewati sungai tersebut melebihi dari kapasitas daya tampung oleh sungai tersebut, sehingga air keluar ke daratan atau meluap; 2) banjir lokal, yakni banjir yang disebabkan oleh tingginya intensitas hujan pada waktu tertentu, sehingga area yang memiliki daerah yang rendah akan tergenang oleh banjir; 3) banjir yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut (banjir rob) banjir ini terjadi karena naiknya air laut pada daerah dataran aluvial pantai yang letaknya lebih rendah atau berupa cekungan dan terdapat muara sungai dengan anak-anak sungainya sehingga bila terjadi pasang air laut atau rob maka air laut atau air sungai akan menggenangi daerah tersebut (Aziz, 2012). Berbagai macam penyebab dari banjir antara lain : 1) curah hujan, 2) pengaruh fisiografi, 3) erosi dan sedimentasi, 4) kapasitas sungai, 5) kapasitas drainase yang tidak memadai, 6) pengaruh air pasang.

2.2.4. Bahaya (*Hazard*)

Bahaya atau *Hazard* merupakan sumber bencana dimasa depan yang berpotensi menimbulkan kerusakan ataupun kerugian seperti kematian, luka-luka, penyakit dan tekanan penderitaan, terganggunya aktivitas manusia dalam bidang ekonomi dan pendidikan, kehancuran dan kehilangan kepemilikan,

kerusakan lingkungan (musnahnya flora dan fauna), terjadi berbagai macam polusi dan hilangnya kenyamanan hidup (Aziz, 2012).

Pada Tugas Akhir ini, bahaya banjir diklasifikasikan kedalam enam jenis bahaya berdasarkan kedalaman genangan air yang terjadi akibat banjir luapan sungai (Woods 2007 dalam Cahyono dkk., 2015). Klasifikasi bahaya banjir dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Klasifikasi Peta Bahaya Banjir

Kedalaman Genangan (m)	Kelas Bahaya	Bobot
Tidak tergenang	Tidak bahaya	0
0 - 0.5	Bahaya ringan	1
0.501 – 1	Agak bahaya	2
1.001 – 1.5	Bahaya sedang	3
1.501 – 2	Bahaya	4
>2	Sangat bahaya	5

Sumber : (Woods 2007 dalam Cahyono dkk., 2015).

2.2.5. Pemetaan

Pemetaan merupakan suatu usaha untuk menyampaikan, menganalisis, dan mengklasifikasi data yang bersangkutan, serta menyampaikan ke dalam bentuk peta dengan mudah, memberi gambaran yang jelas, rapih, dan bersih (Novitasari dkk., 2015). Dalam Tugas Akhir ini, peta yang dihasilkan berupa peta bahaya banjir dengan klasifikasi bahaya berdasarkan Tabel 2.1. Dalam pembuatan peta, pembuat peta harus berusaha membuat simbol yang sederhana, mudah digambar tetapi cukup teliti, sedangkan bagi pengguna peta, simbol itu harus jelas dan mudah dibaca atau dipahami.

2.3. Pemodelan Banjir Luapan Sungai

Dalam pemodelan banjir luapan sungai, dibutuhkan berbagai macam data serta alat yang dipakai untuk melakukan pemodelan banjir luapan sungai, diantara data dan alat yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

2.3.1. Drone

Drone atau yang sering dikenal dengan pesawat tanpa awak atau dalam istilah bahasa inggrisnya *UAV (Unmanned Aerial Vehicle)* adalah salah satu

bukti dari kemajuan teknologi yang sangat berpengaruh dalam dunia teknik sipil. Drone pertama kali dibuat pada abad ke-19 yakni sebelum perang dunia I yang dipakai di dunia militer dengan memfungsikan untuk mengintai pergerakan musuh ketika perang (Emirul, 2016).

Drone yang terbuat pertama kali masih menggunakan kontrol dari *gyroscope*, kemudian seiring berkembangnya zaman, pada tahun 2010 kontrol untuk terbang drone sudah bisa dihubungkan ke *smartphone*. Untuk fungsi drone juga sudah tidak hanya digunakan di dunia militer saja tetapi sudah berkembang ke sektor yang lain.

Pada penelitian ini drone difungsikan untuk pengambilan data citra resolusi tinggi yang dimana nantinya hasil dari drone yang berupa foto-foto udara akan diolah menggunakan *software* Agisoft Photoscan dengan keluaran berupa *orthophoto*. *Orthophoto* nantinya akan digunakan sebagai peta dasar (*layer*) yang akan digunakan dalam pembuatan peta genangan, sehingga akan menampilkan peta terkini di lokasi yang ditinjau.

2.3.2. Digital Elevation Model (DEM)

Digital Elevation Model (DEM) adalah data digital yang menggambarkan *geometry* dari bentuk permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik-titik koordinat hasil sampling dari permukaan dengan algoritma yang didefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat.

File data DEM bisa didapatkan dari berbagai macam sumber antara lain yakni dari *USGS* pada alamat situs <https://earthexplorer.usgs.gov/> dengan resolusi kerapatan *pixel* 30 meter, atau dari Alos Palsar *DEM* pada alamat situs <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/> dengan resolusi kerapatan *pixel* 12,5 meter.

DEM juga dapat dibuat sendiri melalui *software* Global Mapper dengan membutuhkan data titik-titik ketinggian. Untuk titik-titik ketinggian dapat kita peroleh dari peta kontur atau titik-titik *GPS (Global Positioning System)*. Semakin rapat interval dari suatu data seperti kontur maka *DEM* yang dihasilkan akan lebih teliti.

Pada Tugas Akhir ini menggunakan *DEM* dari Alos Palsar dengan resolusi kerapatan *pixel* 12,5 meter yang telah di modifikasi, dikarenakan sungai yang ditinjau memiliki lebar yang kecil sehingga untuk menghasilkan penampang sungai dari *DEM* Alos Palsar tidak membentuk penampang sungai.

2.3.3. Triangulasi Irreguler Network (TIN)

TIN atau *Triangulasi Irreguler Network* merupakan topologi yang berbasis vektor yang digunakan untuk mempresentasikan permukaan bumi dalam bentuk hubungan antara segitiga-segitiga yang tidak beraturan yang saling menghubungkan. Vektor-vektor yang dikandung adalah koordinat x, y, dan z (ketinggian).

Pembuatan *TIN* dapat dilakukan di *software* ArcGIS 10.1 dengan data *input* bisa berupa titik-titik ketinggian atau kontur. Seperti halnya *DEM*, semakin kecil interval dari titik-titik atau kontur yang digunakan maka hasil yang dikeluarkan ArcGIS 10.1 akan semakin bagus, tetapi perlu di pahami ketika menggunakan interval yang kecil maka proses yang dibutuhkan akan semakin lama dan *file* yang dikeluarkan akan semakin berat.

2.3.4. Citra Satelit (Orthophoto)

Citra satelit merupakan penginderaan jauh yang mempresentasikan tampak dari permukaan bumi dengan resolusi yang berbeda-beda tergantung dari satelit yang digunakan. Dalam penelitian ini data citra satelit diambil menggunakan teknologi drone dengan ketinggian terbang 150 meter. drone merupakan salah satu alternatif yang bisa digunakan untuk mendapatkan citra dengan resolusi tinggi dan lebih murah dibandingkan dengan satelit seperti *Quicbird*.

2.3.5. Hasil Digitasi

Digitasi merupakan suatu proses penggambaran ulang permukaan bumi yang akan digunakan sebagai analisis yakni dari *file* raster akan dirubah kedalam *file* vektor. Ilmu digitasi sangat berpengaruh dalam penelitian ini, dikarenakan data dasar *DEM* tidak mencerminkan sungai tinjauan sehingga perlu dilakukan proses digitasi sungai yang berasal dari *file orthophoto* hasil olahan foto-foto drone.

2.4. Pemodelan Genangan Banjir Luapan Sungai

Untuk melakukan pemodelan genangan banjir luapan sungai, digunakan berbagai macam *software-software* terkini. Dalam Tugas Akhir ini digunakan lima macam *software* yang dikelompokkan kedalam *software* utama dan *software* pendukung. *Software* utama dan *software* pendukung dalam Tugas Akhir ini antara lain :

2.4.1. Software Utama

Software utama adalah *software* yang berhubungan langsung dalam pembuatan pemodelan genangan banjir luapan sungai, baik dalam proses pemodelan *geometry* sungai ataupun dalam proses pemodelan hidraulika. *Software* utama dalam Tugas Akhir ini antara lain :

2.4.1.1. ArcGIS 10.1

ArcGIS 10.1 merupakan perangkat lunak yang terbilang besar, dimana perangkat lunak ini menyediakan kerangka kerja yang bersifat *scalable* (bisa diperluas sesuai kebutuhan) untuk mengimplementasikan suatu rancangan aplikasi Sistem Informasi Geografi (*SIG*), baik bagi pengguna tunggal (*Single User*) maupun bagi lebih dari satu pengguna yang berbasis dekstop, menggunakan server, memanfaatkan layanan web, atau bahkan yang bersifat *mobile* untuk memenuhi kebutuhan pengukuran lapangan (Novitasari dkk., 2015).

Pada penelitian ini, ArcGIS 10.1 memegang peranan penting dalam permodelan penelitian ini, ArcGIS adalah *software* yang dikeluarkan oleh *ESRI* atau *Environmental System Research Institute*. Fungsi utama dari ArcGIS 10.1 adalah untuk membuat peta, akan tetapi seiring berkembangnya teknologi fungsi ArcGIS 10.1 menjadi lebih baik, seperti halnya dalam penelitian ini. *Software* ArcGIS digunakan untuk membentuk *Geometry* sungai yang akan menjadi bahan masukan di permodelan hidraulika, yang berupa *stream center lines (river) bank lines (bank), flowpath lines, dan XS cut line (cross section)* dari sungai.

2.4.1.2. Hec-RAS 5.0.3

Hec-RAS 5.0.3 merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai, *River Analysis System (RAS)* di buat oleh *Hydrologic*

Engineering Center (HEC) yang merupakan satuan kerja di bawah *US Army Corps of Engineering (ESACE)* (Sari dkk., 2013). Program Hec-RAS 5.0.3 merupakan salah satu solusi alternatif dalam permodelan banjir dengan mendekati kondisi nyata di lapangan, dikarenakan data yang dimasukkan sudah sesuai dengan data yang terjadi di lapangan, seperti data debit dari suatu sungai.

Pada penelitian ini, Hec-RAS 5.0.3 difungsikan sebagai program yang akan melakukan pemodelan hidraulika dengan menggunakan aliran *steady flow* dan hasil pemodelan hidraulika akan diimplementasikan ke dalam *software* ArcGIS 10.1.

2.4.1.3. Hec-GeoRAS 10.1

Hec-GeoRAS 10.1 merupakan salah satu hasil dari kerja sama antara perusahaan *ESRI* dengan perusahaan Hec-RAS, dimana *tools* Hec-GeoRAS 10.1 difungsikan sebagai alat bantu dalam pembuatan *geometry* sungai pada *software* ArcGIS 10.1 yang kemudian akan diimplementasikan kedalam *software* Hec-RAS 5.0.3 sebagai data *geometry* sungai pada pemodelan hidraulika.

2.4.2. Software Pendukung

Software pendukung adalah *software* yang tidak berhubungan langsung dalam pembuatan pemodelan genangan banjir luapan sungai. Akan tetapi, *software* tersebut digunakan untuk perbaikan data ataupun pengolahan data untuk digunakan dalam pembuatan pemodelan genangan banjir luapan sungai. *Software* pendukung dalam Tugas Akhir ini antara lain :

2.4.2.1. Global Mapper V18

Global Mapper v18 adalah program yang sering digunakan didalam dunia pemetaan, dikarenakan Global Mapper v18 mempunyai banyak sekali jenis *file* yang bisa dikonversikan. Dalam penelitian ini, Global Mapper v18 digunakan untuk perbaikan data *DEM*. Data *DEM* yang awalnya memiliki resolusi kerapatan *pixel* 12,5 meter akan diperbaiki menjadi data *DEM* dengan resolusi kerapatan *pixel* 7 meter.

2.4.2.2. Agisoft Photoscan Pro 1.2.4

Agisoft Photoscan Pro 1.2.4 merupakan program untuk pengolahan data dari drone berupa foto-foto udara yang akan diolah menjadi data citra dengan resolusi yang tinggi. *Output* dari Agisoft Photoscan Pro 1.2.4 antara lain dapat berupa kontur, *Digital Surface Model (DSM)*, dan *orthophoto*. Dalam Tugas Akhir ini, *output* dari program Agisoft Photoscan Pro 1.2.4 yang digunakan adalah *orthophoto*.