

ANALISIS PERBANDINGAN *FILTERING* DTM MENGGUNAKAN METODE *CLOTH SIMULATING FILTERING* (CSF) DAN *TERRAIN FILTER* (FLAT)

Hardian Firdaus¹, Ir. Achmad Ruchlihadiana T., M.M.².

¹Mahasiswa Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti, Bandung

²Dosen pembimbing 1 Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti, Bandung

ABSTRACT

Currently, mapping technology is experiencing significant advancements, particularly with the emergence of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). UAVs offer more efficient, faster, and cost-effective mapping solutions that meet the increasing demands across various industries. To produce accurate data, UAVs can utilize aerial photography to generate data such as Digital Terrain Models (DTM), which are a key component of mapping. While Digital Surface Models (DSM) provide a view of the surface that includes buildings and vegetation, DTMs are essential for mapping as they represent the ground surface without interference from man-made objects.

This research aims to analyze the comparison of Digital Terrain Model (DTM) filtering using the Cloth Simulating Filter (CSF) method and the Terrain Filter (Flat) method. The filtering method is applied to identify and remove irrelevant elements, such as vegetation and buildings, from the DSM, resulting in a more accurate and representative DTM of the ground surface.

The analysis results indicate that the RMSEz values obtained from the CSF filtering method yield better data compared to the results from the Terrain Filter (Flat) filtering method. This calculation demonstrates vertical geometric accuracy and serves to indicate that 90% of the errors or differences in elevation values of objects on the map compared to their actual values do not exceed the distance. These results were tested based on the geometric accuracy table issued by the Head of the Geospatial Information Agency No. 15 of 2014, and the calculated values from this research meet the requirements for mapping at a scale of 1:10,000.

Keywords : *Photogrametry, UAV, DSM, DTM, filtering*

ABSTRAK

Saat ini, teknologi pemetaan mengalami kemajuan besar, terutama dengan munculnya pesawat tanpa awak (UAV). UAV menawarkan solusi pemetaan yang lebih efisien, cepat, dan murah, yang memenuhi kebutuhan yang semakin meningkat dalam berbagai industri. Untuk menghasilkan data yang akurat, UAV dapat menggunakan pemotretan udara untuk menghasilkan data seperti Digital Terrain Model (DTM), yang merupakan komponen utama pemetaan. DSM memberikan gambaran permukaan yang mencakup bangunan dan vegetasi, tetapi DTM adalah komponen utama pemetaan karena merepresentasikan permukaan tanah tanpa gangguan dari objek buatan manusia.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan *filtering* Digital Terrain Model (DTM) menggunakan metode *Cloth Simulating Filter* (CSF) dan *Terrain Filter* (Flat). Metode *filtering* diterapkan untuk mengidentifikasi dan menghilangkan elemen-elemen yang tidak relevan, seperti vegetasi dan bangunan, dari DSM, sehingga menghasilkan DTM yang lebih akurat dan

representatif dari permukaan tanah.

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai RMSEz yang diperoleh dari metode filtering CSF menghasilkan data yg lebih baik dibanding dengan hasil *filtering* dengan metode *Terrain Filter (flat)*. Perhitungan tersebut menunjukkan ketelitian geometrik vertikal dan berfungsi untuk menunjukkan 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai sebenarnya tidak lebih besar daripada jarak. Hasil tersebut diuji berdasarkan tabel ketelitian geometri yang dikeluarkan Kepala Badan Informasi Geospasial No.15 Tahun 2014 dan hasil nilai perhitungan penelitian ini memenuhi syarat untuk pemetaan dengan skala 1:10.000.

Kata Kunci : Fotogrametri, UAV, DSM, DTM, *filtering*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada saat ini perkembangan teknologi sangatlah pesat di bidang pemetaan salah satunya adalah berkembangnya teknologi pemetaan dengan menggunakan wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau sering disebut pesawat tanpa awak. Seiring dengan berjalannya waktu, perkembangan permintaan akan pemetaan suatu wilayah dalam berbagai bidang juga berkembang pula berbagai macam metode pemetaan. Dengan adanya pemanfaatan teknologi UAV maka pekerjaan pemetaan dapat dilakukan dengan biaya yang murah, cepat dan waktu yang relatif singkat (Purwanto, 2017).

Melalui pemotretan foto udara nantinya akan menghasilkan data berupa *orthophoto*, *pointcloud* dan *Digital Surface Model* (DSM). Teknologi UAV merupakan salah satu cara untuk memperoleh data model elevasi digital, namun yang banyak dibutuhkan untuk keperluan pemetaan adalah data *Digital Terrain Model* (DTM). Untuk menghasilkan data DTM dilakukan proses *filtering* data model permukaan digital hasil dari foto udara

DSM merupakan model digital dari permukaan bumi meliputi bangunan, vegetasi dan obyek buatan manusia lainnya, sedangkan *Digital Terrain Model* (DTM) merupakan model digital dari permukaan tanah tanpa terpengaruh bangunan, vegetasi dan obyek apapun. Data *Digital Surface Model* (DSM) hasil pemotretan UAV selanjutnya dapat diekstrak menjadi *Digital Terrain Model* (DTM), proses ini dinamakan *filtering*/ ekstraksi.

Pada penelitian ini penulis memanfaatkan teknologi UAV untuk mendapatkan DSM yang selanjutnya diekstraksi menjadi DTM. Proses pembuatan DTM dapat dilakukan secara otomatis dengan metode CSF dan *Terrain Filter* (*Flat*). Pembuatan DTM juga dapat dilakukan dengan teknik pengukuran di lapangan langsung menggunakan metode GPS *Real Time Kinematik* (RTK), metode

ini memberikan hasil ketelitian yang baik namun dalam pelaksanaannya akan menjadi tidak efisien terutama untuk wilayah yang cukup luas.

Penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh hasil *filtering* DSM menjadi DTM dengan menggunakan metode *Cloth Simulating Filter* (CSF) dan Metode *Terrain filter* (*flat*). Selanjutnya hasil dari kedua metode ini akan dianalisis ketelitian geometrik vertikal mengacu pada perhitungan *Linear Error* 90% (LE90) yaitu nilai jarak yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar daripada nilai jarak tersebut.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

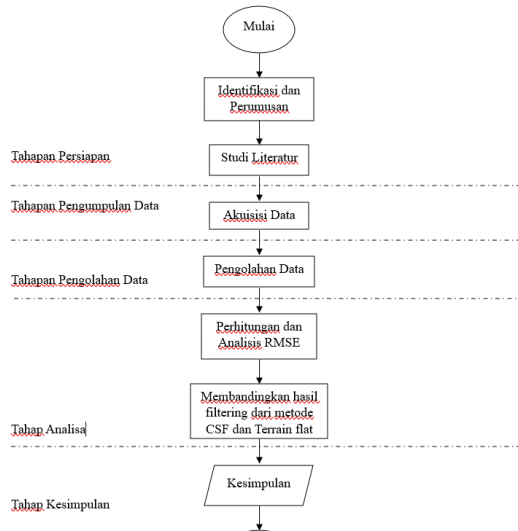
Lokasi penelitian pada tugas akhir ini berada di wilayah Universitas Pendidikan Indonesia yang berlokasi di Jln. Dr. Setiabudhi No.229 Kecamatan Sukasari, Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Dengan luas 615.766 m² (+/- 61 hektar). 6°51'43,52" lintang selatan dan 107°35'31,33" bujur timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Kerangka Penelitian

Kerangka Pemikiran pada penelitian tugas akhir ini dapat meliputi beberapa tahap penting yang membantu dalam merancang dan mengimplementasikan proses filtering. Penjelasan dari tahapan penelitian ini meliputi sebagai berikut:



Gambar 2. Kerangka Pemikiran

Studi Literatur

Studi literatur berperan penting dalam proses penelitian karena memberikan dasar pengetahuan dan pemahaman yang mendalam tentang kerangka penelitian, selain itu studi literatur dapat memberikan wawasan tentang penelitian yang relevan yang telah terbukti berhasil dan memberikan informasi tentang kemajuan di bidang penelitian dilakukan dengan tujuan mengaplikasikan teori untuk analisis akurasi *filtering digital terrain model* dengan metode *CSF* dan *Terrain Filter*

Pengumpulan Data

Dalam pelaksanaan penelitian ini penulis harus mempersiapkan data yang akan digunakan, berikut adalah data yang diperlukan untuk penelitian:

a. Pointcloud

Pointcloud merupakan sekumpulan data berupa titik-titik pada beberapa koordinat sistem.

Dalam sistem koordinat tiga dimensi X, Y, dan Z yang dimaksudkan untuk mewakili permukaan dari suatu objek yang didapat dari pemotretan foto udara menggunakan wahana UAV. *Point cloud* merupakan data utama dalam pelaksanaan penelitian.

b. Koordinat *Benchmark* (BM)

Koordinat BM merupakan data sekunder yang dibutuhkan untuk penelitian sebagai pembandingan hasil dari *filtering*.

Tahap Pengolahan Data

Pada tahap penelitian ini penulis melakukan pengolahan data menggunakan metode *filtering Cloth Simulating Filter* (CSF) dan *Terrain Filter* (*Flat*). Dalam tahap pengolahan penulis melewati 3 tahap penting. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut mengenai 3 tahapan penting untuk pengolahan:

1. Export Pointcloud

Proses pengambilan data pointcloud dimana merupakan sebaran titik-titik kompleks yang diambil dalam waktu yang cukup singkat. Sehingga beberapa pointcloud nampak terlihat kasar. Namun pointcloud yang didapat dari hasil pengukuran foto udara tidak sesuai dengan koordinat system area penelitian. Sehingga system koordinat pada data tersebut perlu diproyeksi ulang dengan menggunakan *Global Mapper*.

2. *Filtering* DSM menjadi DTM

a. *Filtering* DTM dengan metode CSF

Setelah data dsm didapat baru proses filtering dapat dilakukan menggunakan metode *Cloth Simulating Filtering* dengan perangkat lunak Cloud Compare. Metode ini berfungsi sangat bagus di daerah perkotaan yang kompleks dimana terdapat tepian yang curam dan benda (Kevin et al, 2019). Terdapat 2 hasil yang diperoleh dari metode CSF ini, yang pertama adalah *ground points* dan *off ground points*.

b. *Filtering* DTM dengan *Terrain filter* (flat)

Untuk metode ini data diimport ke aplikasi *PCI Geomatics* dan ubah terlebih dahulu menjadi format PCIDSK File karena saat proses *filtering* perangkat lunak *PCI Geomatics* hanya mampu membaca format file tersebut. Kemudian data DSM diekstraksi dengan metode *Terrain filter* (flat) yang selanjutnya hasil dari filter tersebut sudah menjadi data DTM.



Gambar 3. Orthophoto hasil Foto Udara

3. Ekstraksi Nilai Elevasi

Hasil utama dari penelitian ini adalah mengetahui nilai z (elevasi) yang diperoleh dari DTM hasil *filtering* menggunakan metode CSF. Hasil nilai elevasi pada DTM hanya perlu diimport ke perangkat lunak ArcGIS, kemudian masukan data koordinat benchmark yang telah diketahui. Sehingga nilai elevasi dtm hasil *filtering* dapat diketahui yang nantinya dianalisis tingkat akurasi.

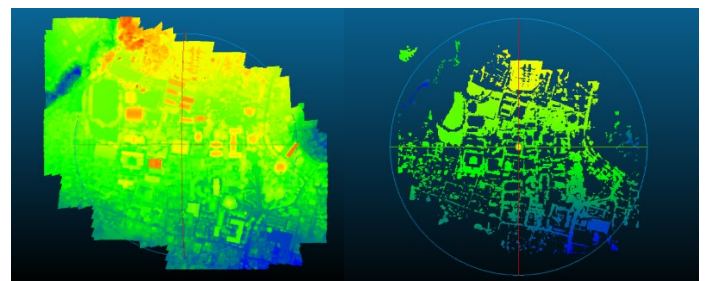
Hasil *Filtering* dengan Metode *Cloth Simulating Filter*

Metode yang digunakan adalah cloth simulating filter sederhana untuk menentukan bentuk akhir dari sehelai kain yang jatuh di atas medan. Jika kain tersebut lembut, bentuk akhirnya adalah DSM (digital surface model), tetapi jika kain tersebut kaku, bentuk akhirnya adalah DTM. Untuk mensimulasikan proses ini, digunakan teknik simulasi kain. Algoritma penyaringan simulasi kain (CSF) dikembangkan untuk mengambil titik-titik tanah dari data LiDAR. Algoritma ini melibatkan pembalikan point cloud, menjatuhkan kain ke permukaan terbalik, dan menganalisis interaksi antara node kain dan titik-titik LiDAR. Dengan menentukan bentuk akhir kain, titik-titik asli dapat diklasifikasikan menjadi tanah dan non-tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Foto Udara

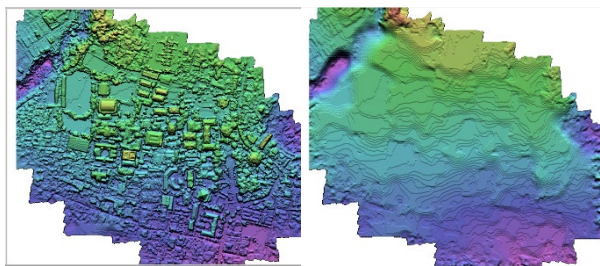
Dari penelitian yang telah dilakukan ada beberapa pengolahan data yang diperlukan seperti Pengolahan data foto udara dengan menggunakan perangkat lunak *Agisoft Metashape*. Hasil Pengolahan Orthophoto tersaji pada Gambar 3. yang selanjutnya dijadikan sebagai bahan pengolahan DTM



Gambar 4.DTM hasil *filtering* dengan metode CS

Hasil Filtering dengan Metode Terrain Filter (flat)

Proses *filtering* menggunakan perangkat lunak *PCI Geomatics* yang diolah secara otomatis. Pada perangkat lunak *PCI Geomatics* terdapat beberapa opsi metode untuk melakukan *filtering*, penulis menggunakan metode *Terrain filter (flat)*. Data sebelum diolah menjadi DTM dapat dilihat pada Gambar 5. (kiri) dan hasil dari *filtering* dapat dilihat pada Gambar 5. (kanan).



Gambar 5. Hasil Filtering dengan Metode Terrain Filter (flat).

Perbandingan Hasil Filtering Metode CSF dengan Terrain Filter (flat)

Secara teoritis, Cloth Simulating Filter (CSF) bekerja dengan prinsip simulasi kain yang dijatuhkan di atas pointcloud. Kain virtual ini akan menyesuaikan bentuk permukaan tanah sehingga mampu membedakan titik tanah (ground) dan titik non-tanah (non-ground) secara lebih adaptif. Metode ini efektif pada area dengan variasi topografi dan vegetasi rapat karena dapat mengikuti perubahan elevasi secara dinamis. Sebaliknya, Terrain Filter (Flat) didasarkan pada asumsi bahwa permukaan tanah relatif datar, sehingga pemisahan titik tanah dilakukan dengan pendekatan sederhana. Teori ini menjadikan metode Terrain Filter lebih sesuai untuk wilayah dengan kontur landai dan minim vegetasi, namun kurang optimal

pada area berbukit atau kompleks karena berpotensi menghasilkan kesalahan lebih besar. Dengan demikian, dari sisi teori, CSF lebih fleksibel dan mampu mengakomodasi keragaman bentuk lahan, sedangkan Terrain Filter (Flat) unggul pada efisiensi dan kesederhanaan pada kondisi medan yang datar.

Analisis Perhitungan RMSE

a. Metode Cloth Simulating Filter

Dari hasil uji akurasi yang telah dilakukan, nilai perhitungan RMSE yang diperoleh dengan metode CSF adalah 2,119772787 m. Hasil dari LE90 rumus mengacu kepada standar US NMAS (*United States National Map Accuracy Standards*) adalah 3,497413121 m. Perhitungan keseluruhan pada nilai akurasi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan RMSE Metode CSF

No Titik	Z Pengukuran	Z Filtering	ΔZ (m)	ΔZ^2 (m)
ICP 1	935,953	935,764	0,1890	0,035721
ICP 2	930,882	931,352	-0,470	0,2209
ICP 3	920,919	922,238	-1,319	1,739761
ICP 4	919,259	923,228	-3,969	15,752961
ICP 5	928,36	926,426	1,934	3,740356
ICP 6	918,207	920,546	-2,339	5,470921
Jumlah				26,96062
Rata-Rata				4,493436667
RMSE				2,119772787
CE90				3,216755204
LE90				3,497413121

b. Metode Terrain Filter (flat)

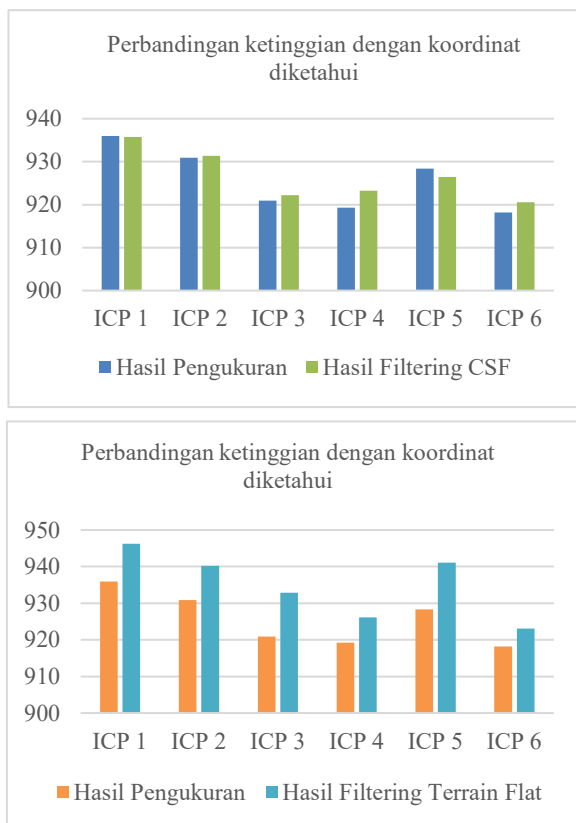
Pada metode *Terrain Filter (Flat)* penulis melakukan analisis dengan menguji hasil akurasi berdasarkan nilai kesalahan vertikal. Sama seperti penelitian sebelumnya peneliti menghitung nilai RMSE. Dari hasil uji akurasi yang telah dilakukan, RMSE yang diperoleh adalah 9,736893712 m. Hasil dari LE90 rumus mengacu kepada standar US NMAS (*United States National Map Accuracy Standards*) adalah 16,06490094 m. Perhitungan keseluruhan pada nilai akurasi dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 2. Hasil Perhitungan RMSE Metode Terrain Filter

No Titik	Z Pengukuran	Z Filtering	ΔZ (m)	ΔZ^2 (m)
ICP 1	935,953	946,26	-10,3070	106,234249
ICP 2	930,882	940,229	-9,347	87,366409
ICP 3	920,919	932,859	-11,940	142,5636
ICP 4	919,259	926,119	-6,86	47,0596
ICP 5	928,36	941,071	-12,711	161,569521
ICP 6	918,207	923,111	-4,904	24,049216
Jumlah				568,842595
Rata-Rata				94,80709917
RMSE				9,736893712
CE90				14,77573621
LE90				16,06490094

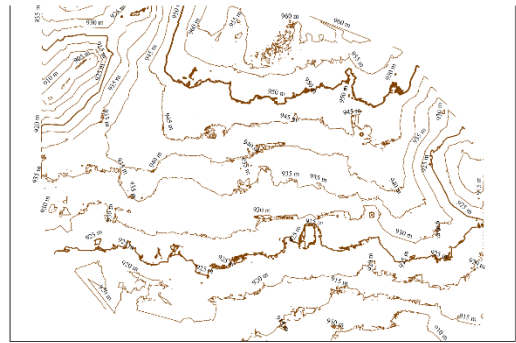
Grafik Perbedaan Tinggi

Visualisasi hasil pengolahan berupa grafik kesalahan elevasi memperkuat hasil analisis kuantitatif. Pada metode CSF, distribusi kesalahan berada relatif stabil dan terkendali. Sementara itu, metode Terrain Filter (flat) menunjukkan rentang kesalahan yang lebih besar. Perbedaan ini memperlihatkan bahwa metode CSF tidak hanya unggul secara angka, tetapi juga secara konsistensi, karena distribusi kesalahan lebih terpusat dan tidak menyebar jauh dari nilai rata-rata. Visualisasi chart ini dengan demikian menguatkan temuan bahwa CSF lebih andal dalam menghasilkan DTM yang representatif.



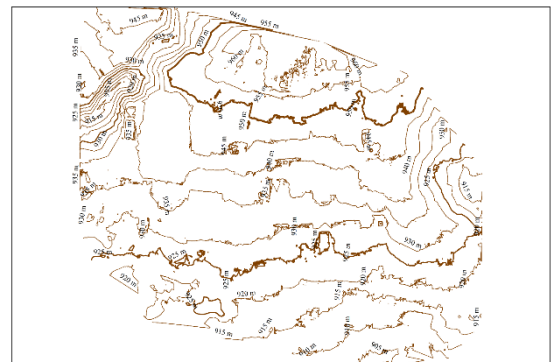
Pemodelan Kontur

Berdasarkan hasil kontur yang dihasilkan, terlihat bahwa metode CSF menghasilkan kontur dengan bentuk yang lebih halus, detail, dan sesuai dengan topografi alami. Kontur dari metode CSF mengikuti pola relief pada area penelitian



Gambar 6. Pemodelan Kontur dengan Metode CSF

Sebaliknya, kontur dari metode *Terrain Filter (flat)* terlihat cenderung kaku, dengan penyederhanaan bentuk yang kurang mampu menangkap detail variasi elevasi. Hal ini menyebabkan representasi kontur menjadi kurang akurat, terutama pada area dengan kompleksitas medan yang tinggi. Dengan demikian, secara visual maupun morfologis, metode CSF terbukti lebih representatif.



Gambar 7. Pemodelan Kontur dengan Metode *Terrain Filter (flat)*

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dalam penelitian ini yaitu:

1. Secara konseptual, metode CSF dirancang untuk memisahkan titik tanah (*ground points*) dari titik non-tanah dengan pendekatan simulasi kain yang lebih adaptif terhadap variasi topografi. Sementara itu, metode Terrain Filer (flat) cenderung mengasumsikan kondisi medan yang relatif datar, sehingga kurang mampu merepresentasikan kontur lahan yang kompleks. Hasil pengolahan pada penelitian ini menunjukkan bahwa CSF secara teoritis lebih

sesuai untuk kondisi area penelitian dengan keragaman bentuk permukaan yang tinggi.

2. Analisis terhadap nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) memperlihatkan bahwa metode CSF menghasilkan nilai RMSE yang lebih rendah dibandingkan dengan metode *Terrain Filter* (flat). Hal ini menegaskan bahwa CSF memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dalam merekonstruksi DTM, sehingga dapat dikatakan lebih representatif untuk digunakan pada studi dengan tingkat ketelitian tinggi.

3. Visualisasi data melalui grafik dan diagram memperkuat temuan kuantitatif. Chart perbandingan menunjukkan distribusi kesalahan yang lebih terkontrol pada metode CSF, sementara metode *Terrain Filter* (flat) memperlihatkan variasi kesalahan yang lebih besar, terutama pada area dengan elevasi yang bervariasi. Visualisasi ini mendukung argumen bahwa CSF lebih konsisten dalam menghasilkan data DTM yang mendekati kondisi sebenarnya di lapangan.

4. Perbandingan bentuk kontur yang dihasilkan menunjukkan bahwa kontur dari metode CSF lebih halus dan mengikuti bentuk topografi alami secara lebih detail, sedangkan metode *Terrain Filter* (flat) cenderung menghasilkan kontur yang kaku dan kurang adaptif pada variasi relief.

SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan tersebut, saran dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Disarankan adanya penambahan *Ground Control Point* terutama untuk area sekitar yang cenderung curam dan padat bangunan serta penempatan GCP perlu diperhatikan pada saat proses pemotretan agar mendapatkan data yang lebih akurat dan dapat dipercaya;

2. Gunakan laptop dengan spesifikasi yang tinggi agar pengolahan *filteing* berjalan dengan baik.

3. Penelitian ini dapat dilakukan dengan metode lain untuk menghasilkan akurasi yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Informasi Geospasial. (2014). *Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar*. Jakarta: Badan Informasi Geospasial Indonesia.
- Franstein Kevin J.B., Yudo Prasetyo, Abdi Sukmono (2019). *Analisis Akurasi Dtm Hasil Ekstraksi Data Pemetaan Airborne Lidar Skala Besar Menggunakan Algoritma Cloth Simulation Filtering, Parameter-Free Ground Filtering Dan Simple Morphological Filtering Terhadap Slope Based Filtering*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Hovhannisyan, T., P. Efendyan, dan M. Vardanyan. (2018). *Creation of a digital model of fields with application of DJI phantom 3 drone and the opportunities of its utilization in agriculture*. Armenia: National Agrarian University of Armenia.
- Purwanto, T. F., 2017. *Pemanfaatan Foto Udara Format Kecil untuk Ekstraksi Digital Elevation Model dengan Metode Stereoplotting*. *Majalah Geografi Indonesia Vol. 31 No. 1.*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Priyono. (2008). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Sidoarjo: Zifatama Publishing.
- Rahman, A. (2011). *Penuntun Praktikum Inderaja dan Sistim Informasi Geografis Analisis Rawan Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Barito Kuala)*. Banjarbaru : Universitas Lambung Mangkurat.
- Raharjo, Beni, and Muhamad Ikhsan. (2015). "Belajar ArcGIS Desktop 10."
- Santoso, B. (2001). Pengantar Fotogrametri. *Departemen Teknik Geodesi. Institut Teknologi Bandung*.
- Sugiyono. (2006). *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: CV. Alfabeta

- Syauqani, A., Subiyanto, S., & Suprayogi, A (2017). Pengaruh variasi tinggi terbang menggunakan wahana unmanned aerial vehicle (UAV) quadcopter dji phantom 3 pro pada pembuatan peta orthofoto (studi kasus kampus universitas diponegoro). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 249-257.
- Syetiawan, Agung, and Muhammad Haidar. (2019). "Pemetaan Perkebunan Sawit Rakyat Dari Foto Udara Non Metrik Menggunakan Analisis Berbasis Objek." *Majalah Ilmiah Globe* 21.1: 53-62.
- United States of America. (1998). *Geographic Positioning Accuracy Standards*. Virginia: Federal Geographic Data Committee.
- Zhang, dkk. 2016. *An Easy-to-Use Airborne LiDAR Data Filtering Method Based on Cloth Simulation*. China: Beijing Normal University