

Analisis Perbandingan Ketelitian Hasil Orthomosaic Menggunakan Perangkat Lunak Komersial Pix4Dmapper dan Open Source WebODM Drone

Sultan Alifian Hapriansyah, dan Husnul Hidayat
Departemen Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: hidayat_husnul@geodesy.its.ac.id

Abstrak—Foto tegak adalah foto yang diambil dengan menggunakan wahana pesawat ataupun UAV, foto tegak memiliki sumbu optik kamera yang vertikal atau hampir vertikal. Orthomosaic didapatkan dari hasil pengolahan foto udara dengan menggunakan software fotogrametri tertentu. Pada penelitian yang dilakukan oleh penulis, data yang digunakan adalah data foto udara dan GPS wilayah Kebonwaris, Kecamatan Pandaan, Pasuruan – Jawa Timur. Software yang digunakan sebagai perbandingan adalah WenODM dan Pix4Dmapper trial version. Pada dasarnya pengolahan data dimulai dari *import images, import control point, build point clouds, build mesh, build terrain model, dan build orthomosaic*. Nilai yang didapatkan Pix4Dmapper untuk RMSe horisontal 0,67361672 dan RMSe vertikal 0,664288006. Sedangkan nilai ketelitian yang didapatkan WebODM untuk RMSe horisontal sebesar 1,92810327 dan RMSe vertikal sebesar 1,195321336. Didapatkan pula nilai resolusi WebODM sebesar $\approx 5,5\text{cm/piksel}$ dan Pix4Dmapper sebesar $\approx 6,4\text{cm/piksel}$. Berdasarkan hasil analisis penelitian ini, Pix4Dmapper unggul pada ketelitian yang diperoleh, sedangkan WebODM unggul pada resolusi yang diperoleh.

Kata Kunci—OpenDroneMap, orthofoto, orthomosaic, Pix4Dmapper.

I. PENDAHULUAN

FOTOGRAMETRI merupakan suatu seni dan ilmu sains dalam membuat informasi 3D dari hasil foto. Proses dari fotogrametri meliputi pengambilan foto secara overlap atau bertampalan dari suatu objek, struktur, maupun ruang dan mengubahnya menjadi model digital dua dimensi atau tiga dimensi. Fotogrametri sering digunakan oleh surveyor, arsitek, insinyur hingga para kontraktor dalam membuat peta topografi, mesh, point cloud, maupun gambar berdasarkan objek aslinya.

Data foto udara dapat diolah menggunakan software-software tertentu mulai dari yang berbayar hingga open-source. Masing-masing software memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Pada salah satu jurnal tugas akhir menyebutkan bahwa dalam pembuatan data orthofoto dan DSM didapatkan bahwa hasil orthofoto Pix4D lebih unggul dalam akurasi geometri dibandingkan dengan kedua software komersial lainnya yaitu Agisoft dan APSMenci [1]. Web OpenDroneMap merupakan versi browser interface dari OpenDroneMap. OpenDroneMap merupakan perangkat lunak open-source sehingga WebODM salah satu perangkat lunak fotogrametri yang tidak berbayar. WebODM juga memiliki fitur yang cukup lengkap untuk aerial mapping yang salah satunya adalah fitur Ground Control Point. Fitur-fitur



Gambar 1. Lokasi penelitian di Kebonwaris, Pandaan, Pasuruan–Jawa Timur.

yang dimiliki WebODM diantaranya *Measurements, Plant Health, Multispectral, Contour, Point Clouds, Elevation Models, dan 3D Models*.

Dalam penelitian tugas akhir ini, penulis meneliti tentang analisis perbandingan ketelitian hasil orthomosaic menggunakan perangkat lunak Pix4DMapper dan WebODM dengan studi kasus Desa Kebonwaris, Kecamatan Pandaan, Pasuruan–Jawa Timur. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dan menganalisis perbandingan kemampuan perangkat lunak *open source*, yaitu WebOpenDroneMap, terhadap perangkat lunak komersial, yaitu Pix4DMapper, dalam memproduksi orthomosaic yang sesuai dengan standar PERKA BIG Nomor 6 Tahun 2018 dan PERKA BIG Nomor 1 Tahun 2020.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi data penelitian ini dilakukan di Desa Kebonwaris, Kecamatan Pandaan, Pasuruan–Jawa Timur seperti yang ditunjukkan Gambar 1. Lokasinya berjarak sekitar 60 km ke arah selatan dari Kota Surabaya.

B. Data yang Digunakan

Berikut adalah data yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Data hasil pemotretan foto udara penelitian terdahulu [2]. Memiliki tinggi terbang $\pm 150\text{m}$, overlap dan sidelap $\pm 80\%$, dengan jumlah foto 1764 foto, menggunakan wahana UAV quadcopter.

Tabel 1.
Ketelitian Peta RBI

No	Skala	Interval Kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horisontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horisontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horisontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)
1.	1:1.000.000	400	300	200	600	300	900	400
2.	1:500.000	200	150	100	300	150	450	200
3.	1:250.000	100	75	50	150	75	225	100
4.	1:100.000	40	30	20	60	30	90	40
5.	1:50.000	20	15	10	30	15	45	20
6.	1:25.000	10	7,5	5	15	7,5	22,5	10
7.	1:10.000	4	3	2	6	3	9	4
8.	1:5.000	2	1,5	1	3	1,5	4,5	2
9.	1:2.500	1	0,75	0,5	1,5	0,75	2,3	1
10.	1:1.000	0,4	0,3	0,2	0,6	0,3	0,9	0,4

- Data GCP penelitian terdahulu menggunakan metode diferensial dengan interval 5 detik selama ±30 menit, sejumlah 8 GCP [2].
- Data ICP penelitian terdahulu menggunakan metode diferensial dengan interval 5 detik selama ±15 menit, sejumlah 10 GCP [2].

C. Software dan Hardware yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari software dan hardware sebagai berikut:

- Laptop dengan spesifikasi AMD Ryzen 5 4600H, 16GB RAM, 512GB SSD Storage, NVIDIA GeForce GTX1650 Ti.
- PC komputer dengan spesifikasi Intel Core i7-9700F, 64GB RAM, 500GB SSD Storage, NVIDIA GeForce RTX 2080.
- Pix4Dmapper 4.6.4 trial version.
- WebODM dan Docker
- FastStone Photo Resizer
- ArcGIS 10.8
- Microsoft Office 2019

D. Tahapan Penelitian

1) Pengumpulan dan Pengecekan Data

Pada tahapan ini semua data dikumpulkan lalu dilakukan pengecekan. Selanjutnya dilakukan proses penamaan semua data foto yang akan digunakan untuk menghindari adanya duplikasi nama file foto. Pada penelitian ini *data foto dibagi menjadi dua area* dikarenakan kurangnya spesifikasi hardware yang dimiliki. Pada tahap ini juga dilakukan resize foto untuk mengurangi ukuran file tanpa menurunkan kualitas foto.

2) Pengolahan Data Menggunakan WebODM

Pada tahapan ini dilakukan proses yang dimulai dari *identifikasi GCP, processing image and GCP, download data, hingga mosaic data.*

3) Pengolahan Data Menggunakan Pix4Dmapper

Pada tahapan ini dilakukan proses yang dimulai dari *input image, initial processing, input GCP, point cloud and mesh, DSM, orthomosaic and index, hingga mosaic data.*

4) Analisa Data

Pada tahap analisa data, data hasil pengolahan foto udara kedua software dilakukan uji akurasi horisontal dan vertikal dengan menggunakan data ICP (*Independent Control Point*) seperti yang ditunjukkan Gambar 2. Data koordinat horisontal didapatkan dari hasil mosaic orthofoto sedangkan

data koordinat vertikal didapatkan dari data DSM hasil pengolahan masing-masing software.

Nilai ketelitian posisi peta berdasarkan PERKA BIG Nomor 6 Tahun 2018 adalah nilai CE90 untuk ketelitian horisontal dan nilai LE90 untuk ketelitian vertikal. Setelah nilai CE90 dan LE90 didapatkan, skala dan kelas dari peta yang akan dihasilkan dapat ditentukan dengan melihat ketelitian peta RBI pada Tabel 1.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \tau)^2} \tag{1}$$

$$CE90 = 1,5175 \times RMSEr \tag{2}$$

$$LE90 = 1,6499 \times RMSEy \tag{3}$$

Pada tahap analisa data juga dilakukan analisa GSD (*Ground Sampling Distance*). GSD rata-rata orthomosaic juga bisa didapatkan dari hasil report pengolahan dari kedua software.

$$GSD = \frac{Tinggi Terbang}{Panjang fokus kamera} \times pixel\ size \tag{4}$$

Skala peta orthofoto yang akan dihasilkan juga dijelaskan pada PERKA BIG Nomor 1 Tahun 2020 tentang Standar Output Peta Dasar Skala Besar Survei Fotogrametri Kamera Non-Metrik seperti pada Tabel 2.

III.HASIL DAN DISKUSI

A. Hasil Pengolahan Data WebODM

Dalam proses pengolahan data menggunakan WebODM terdapat beberapa langkah yang dilakukan diantaranya:

1) Identifikasi GCP

Proses identifikasi GCP dilakukan dengan menggunakan *GCP Interface* pada WebODM seperti yang ditunjukkan Gambar 3. Tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi GCP yang terdapat pada data foto. Pada interface bagian kanan menampilkan koordinat dari masing-masing GCP, sedangkan interface bagian kiri menampilkan posisi GCP pada foto. Output yang dihasilkan dari identifikasi GCP adalah *GCP file* dengan format *text file*.

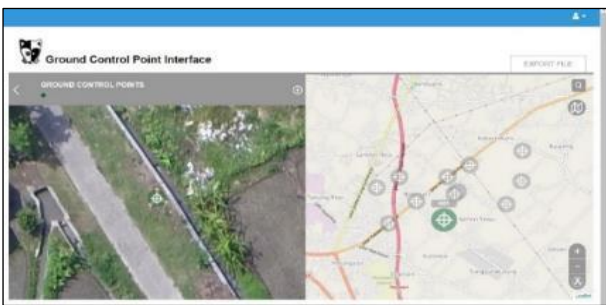
Pada Gambar 4 terlihat format penulisan dari GCP file. Pada baris pertama menjelaskan proyeksi yang digunakan. Lalu pada baris selanjutnya memperlihatkan koordinat GCP pada masing-masing foto dengan format penulisan “*geo_x geo_y geo_z im_x im_y image_name [gcp_name] [extra1] [extra2]*”.

Tabel 2.
Standar Output Orthophoto

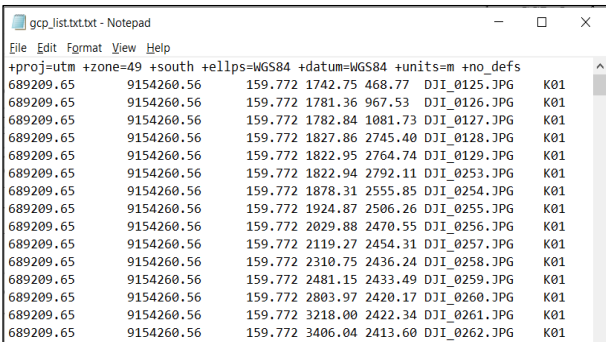
Skala Peta Dasar	Nilai resolusi (cm)
1:10.000	≤ 30
1:5.000	≤ 15
1:2.500	≤ 10
1:1.000	≤ 8



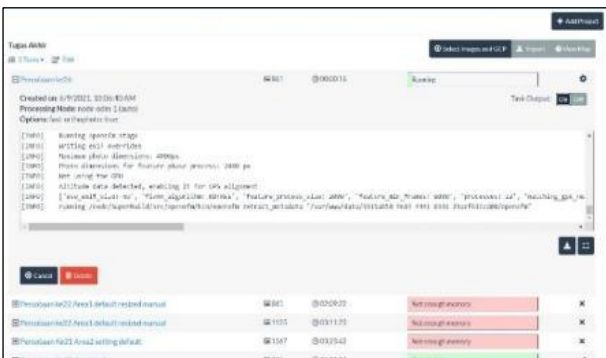
Gambar 2. Lokasi masing-masing ICP.



Gambar 3. Proses identifikasi GCP WebODM.



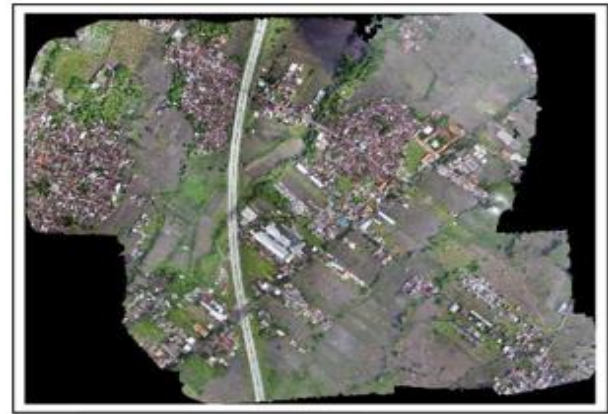
Gambar 4. Output identifikasi GCP.



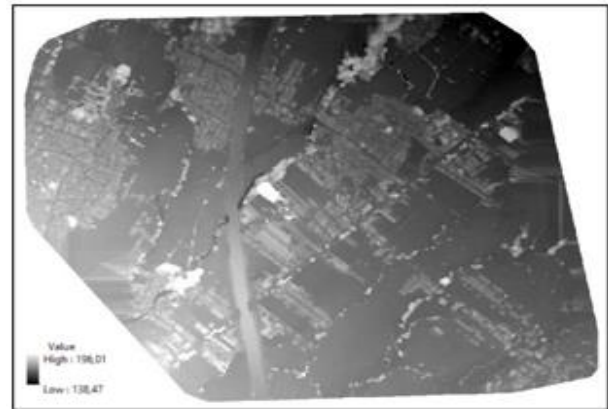
Gambar 5. Processing image and GCP.

2) Processing Image and GCP

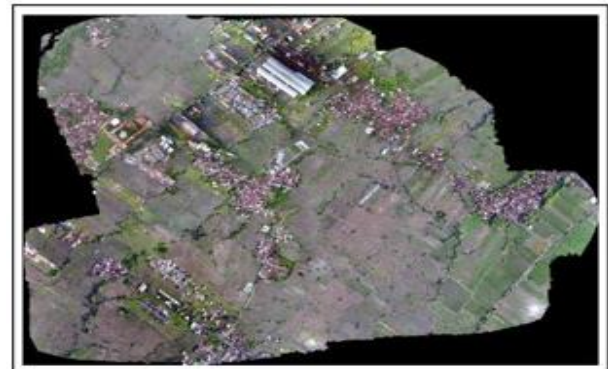
Pada tahap ini, data foto udara dan GCP file area pertama diupload ke WebODM untuk dilakukan *processing image and GCP* seperti yang ditunjukkan Gambar 5. Setelah proses selesai dilanjutkan dengan processing area kedua.



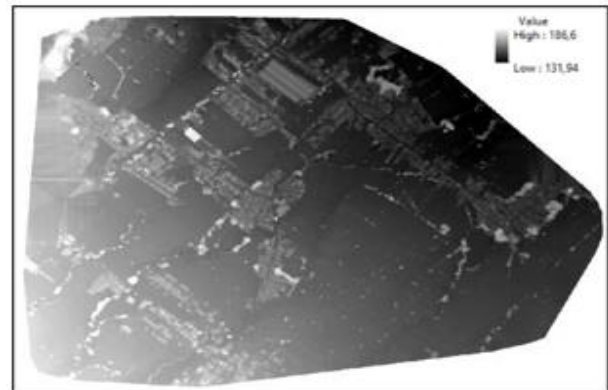
Gambar 6. Hasil orthomosaic WebODM area pertama.



Gambar 7. Hasil DSM WebODM area pertama.

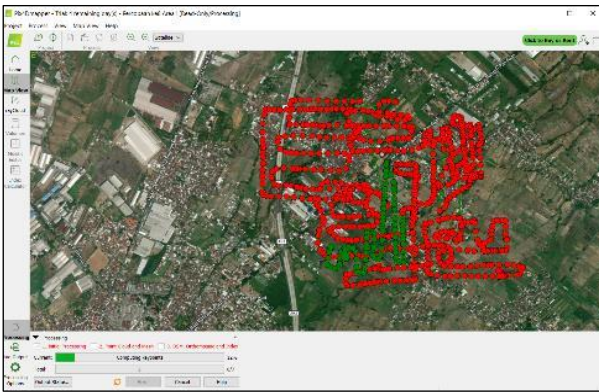


Gambar 8. Hasil orthomosaic WebODM area kedua.

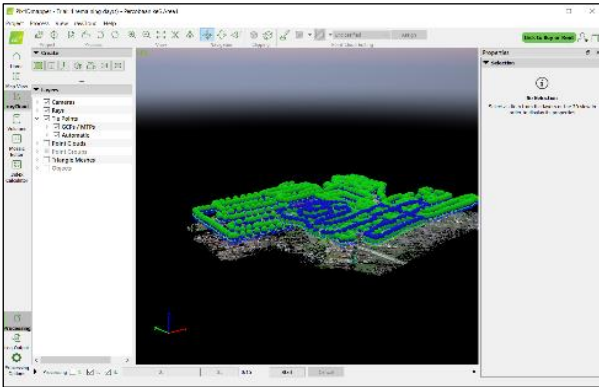


Gambar 9. Hasil DSM WebODM area kedua.

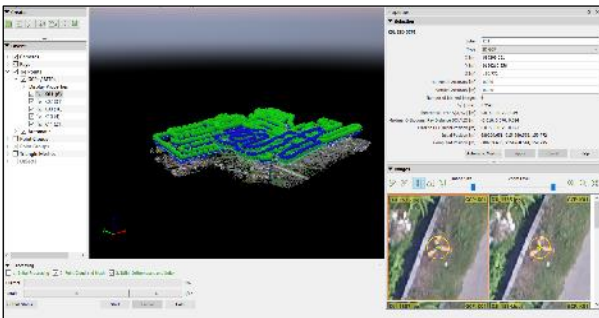
Hasil output yang didapatkan dari pengolahan menggunakan WebODM adalah DSM dan orthomosaic seperti yang ditunjukkan Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9.



Gambar 10. Initial processing Pix4Dmapper.



Gambar 11. Hasil initial processing.



Gambar 12. Proses identifikasi GCP.

B. Hasil Pengolahan Data Pix4Dmapper

Dalam proses pengolahan data menggunakan Pix4Dmapper terdapat langkah-langkah yang dilakukan diantaranya:

1) Initial Processing

Pada tahap *initial processing* software melakukan mengkomputasi keypoint pada masing-masing foto, keypoint dibutuhkan untuk mencari kecocokan antar foto yang selanjutnya dilakukan *Automatic Aerial Triangulation* dan *Bundle Block Adjustment* seperti yang ditunjukkan Gambar 10.

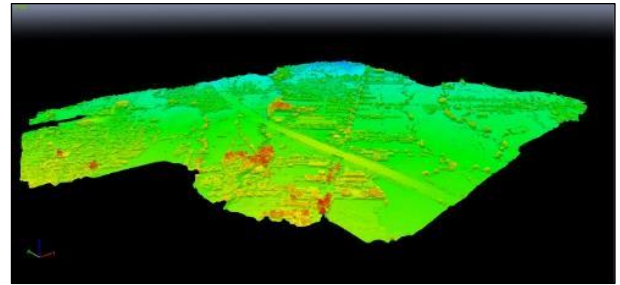
Pada Gambar 11 terlihat hasil yang didapatkan dari initial process adalah orientasi kamera dan tie point.

2) Identifikasi GCP

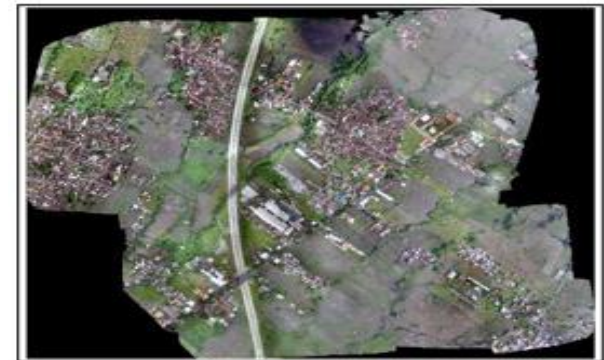
Tahap identifikasi GCP dilakukan untuk mengidentifikasi GCP yang terdapat pada data foto. Tampilan interface bagian kanan mengandung informasi GCP yang digunakan, lalu pada interface bagian tengah menampilkan model tiga dimensi, sedangkan interface bagian kiri menampilkan layer hasil pengolahan. Setelah identifikasi GCP, selanjutnya dilakukan proses *Reoptimize* untuk mengoptimalkan kembali



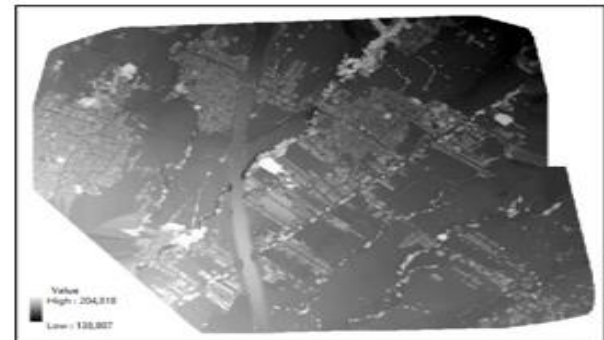
Gambar 13. Hasil point clouds Pix4Dmapper.



Gambar 14. Hasil 3D Mesh Pix4Dmapper.



Gambar 15. Hasil orthomosaic Pix4Dmapper area pertama.



Gambar 16. Hasil DSM Pix4Dmapper area pertama.

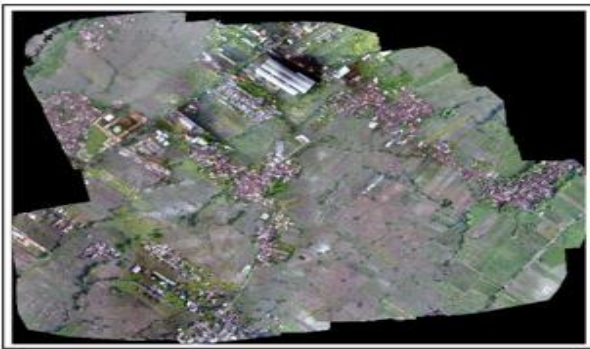
parameter internal dan eksternal dari kamera seperti yang ditunjukkan Gambar 12.

3) Point Cloud and Mesh

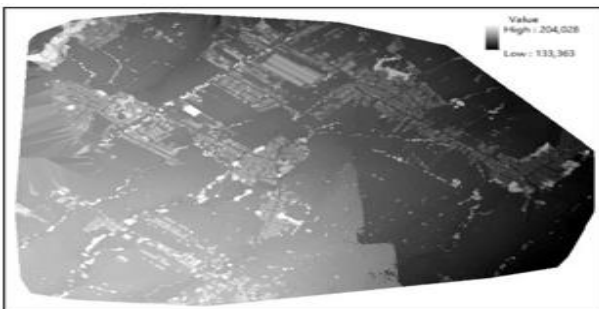
Tahap *point cloud and mesh* ini meningkatkan densitas dari *3D points* yang telah didapatkan dari tahap sebelumnya. Hasil yang didapatkan dari tahap ini adalah *3D point clouds* dan *3D Mesh* seperti yang ditunjukkan Gambar 13 dan Gambar 14.

4) DSM, Orthomosaic and Index

Pada tahap *DSM, orthomosaic and index*, dilakukan proses pembentukan DSM dan orthomosaic dari data-data yang sudah diperoleh pada tahap sebelumnya yaitu tahap *point cloud and mesh*. Output yang dihasilkan pada tahap ini yaitu DSM dan orthomosaic seperti yang ditunjukkan Gambar 15, Gambar 16, Gambar 17, dan Gambar 18.



Gambar 17. Hasil orthomosaic Pix4D area kedua.



Gambar 18. Hasil DSM Pix4D area kedua.



Gambar 19. Hasil crop area 1 (kiri) dan area 2 (kanan).



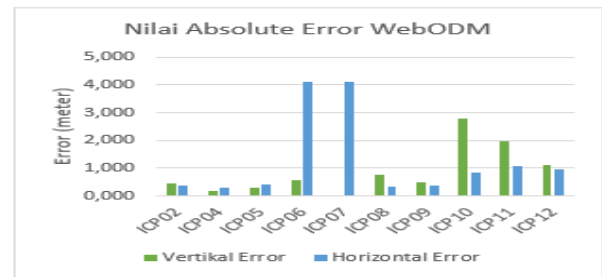
Gambar 20. Hasil mosaic data WebODM.



Gambar 21. Hasil mosaic data Pix4Dmapper.

C. Hasil Mosaic Data

Mosaic data dilakukan untuk menggabungkan hasil orthomosaic kedua area menjadi satu data raster baru. Mosaic data dilakukan dengan menggunakan tool *Mosaic to New Raster* pada ArcGIS. Sebelum melakukan *mosaic data raster*,



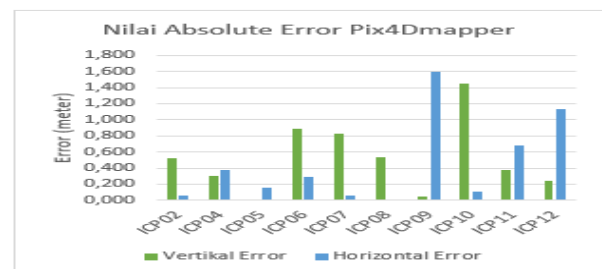
Gambar 22. Nilai Absolute Error WebODM.

Processing Summary	
Reconstructed Images	860 over 860 shots (100.0%)
Reconstructed Points (Sparse)	1176818 over 1249635 points (94.2%)
Reconstructed Points (Dense)	24,773,579 points
Average Ground Sampling Distance (GSD)	5.5 cm
Reconstructed Components	1 component
Detected Features	11,648 features
Reconstructed Features	4,694 features
Geographic Reference	GPS and GCP
GPS / GCP errors	12.45 / 0.59 meters

Gambar 23. Resolusi orthomosaic area 1 WebODM.

Processing Summary	
Reconstructed Images	902 over 902 shots (100.0%)
Reconstructed Points (Sparse)	1282046 over 1410137 points (90.9%)
Reconstructed Points (Dense)	24,766,486 points
Average Ground Sampling Distance (GSD)	5.6 cm
Reconstructed Components	1 component
Detected Features	11,619 features
Reconstructed Features	5,347 features
Geographic Reference	GPS and GCP
GPS / GCP errors	12.75 / 0.71 meters

Gambar 24. Resolusi orthomosaic area 2 WebODM.



Gambar 25. Perhitungan RMSe Pix4Dmapper.

DSM, Orthomosaic and Index Details	
Processing Options	
DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (6.49 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: no

Gambar 26. Resolusi orthomosaic area 1 Pix4Dmapper.

DSM, Orthomosaic and Index Details	
Processing Options	
DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (6.59 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: no

Gambar 27. Resolusi orthomosaic area 2 Pix4Dmapper

semua hasil orthomosaic dilakukan proses *cropping* untuk menghilangkan warna hitam pada orthomosaic dengan menggunakan tool *Extract by Mask* pada ArcGIS seperti yang ditunjukkan Gambar 19, Gambar 20, dan Gambar 21.

D. Analisis Data

Analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu analisis ketelitian untuk peta RBI dan analisis GSD.

Tabel 3.
Koordinat ICP hasil orthomosaic WebODM

Nama	WebODM				
	X	Y	Z1	Z2	Z rata2
ICP02	688104,338	9154214,907	174,930		174,930
ICP04	688345,995	9154631,146	167,230		167,230
ICP05	688045,171	9154327,741	175,230		175,230
ICP06	689196,279	9154234,598	161,580	161,830	161,705
ICP07	689198,707	9154240,670	161,580	160,750	161,165
ICP08	688305,230	9155194,915	157,070		157,070
ICP09	687820,779	9154929,446	164,420		164,420
ICP10	688704,218	9154723,159	160,920	166,913	163,916
ICP11	688941,079	9154907,947	156,530	159,660	158,095
ICP12	689303,196	9154612,026		153,110	153,110

Tabel 4.
Koordinat ICP hasil orthomosaic Pix4Dmapper

Nama	Pix4Dmapper				
	X	Y	Z1	Z2	Z rata2
ICP02	688103,944	9154214,706	174,868		174,868
ICP04	688346,242	9154631,377	166,746		166,746
ICP05	688044,822	9154327,975	175,519		175,519
ICP06	689199,948	9154236,818	160,353	160,184	160,269
ICP07	689202,361	9154242,724	160,325	160,274	160,299
ICP08	688305,088	9155194,634	157,300		157,300
ICP09	687821,198	9154931,359	163,987		163,987
ICP10	688704,430	9154723,958	160,176	164,964	162,570
ICP11	688941,604	9154908,529	155,913	155,622	155,767
ICP12	689304,171	9154611,288		153,971	153,971

Koordinat ICP hasil pengukuran dengan menggunakan GPS dibutuhkan untuk mendapatkan nilai RMSe pada ICP.

1) Analisis Data WebODM

Didapatkan koordinat ICP hasil pengukuran GPS dan koordinat ICP pada hasil pengolahan WebODM seperti yang ditunjukkan Tabel 3.

Setelah koordinat masing-masing ICP didapatkan, dilakukan perhitungan RMSe untuk horisontal dan vertikal. Didapatkan hasil RMSe horisontal untuk WebODM sebesar 1,92810327 dan RMSe vertikal sebesar 1,195321336 seperti yang ditunjukkan Gambar 22.

Setelah RMSe horisontal dan vertikal didapatkan, nilai CE90 dan LE90 untuk hasil pengolahan WebODM dapat diketahui. Didapatkan nilai CE90 sebesar 3,030014288 dan nilai LE90 sebesar 1,972160672.

Pada hasil report pengolahan WebODM didapatkan nilai GSD rata-rata orthomosaic untuk area pertama sebesar 5,5 cm/piksel dan area kedua sebesar 5,6 cm/piksel. Sehingga nilai GSD rata-rata untuk hasil pengolahan WebODM adalah ≈5,55 cm/piksel seperti yang ditunjukkan Gambar 23 dan Gambar 24.

Berdasarkan standar ketelitian peta RBI pada Tabel 1 dan standar output orthofoto pada Tabel 2, maka skala yang paling sesuai untuk hasil pengolahan WebODM adalah skala 1:5.000 kelas 2.

2) Analisis Data Pix4Dmapper

Didapatkan koordinat ICP hasil pengukuran GPS dan koordinat ICP pada hasil pengolahan Pix4Dmapper seperti yang ditunjukkan Tabel 4.

Setelah koordinat masing-masing ICP didapatkan, dilakukan perhitungan RMSe untuk horisontal dan vertikal. Didapatkan hasil RMSe horisontal untuk Pix4Dmapper sebesar 0,67361672 dan RMSe vertikal sebesar 0,664288006 seperti yang ditunjukkan Gambar 25.

Setelah RMSe horisontal dan vertikal didapatkan, nilai CE90 dan LE90 untuk hasil pengolahan Pix4D dapat

diketahui. Didapatkan nilai CE90 sebesar 1,022213372 dan nilai LE90 sebesar 1,09600878.

Pada hasil report pengolahan Pix4Dmapper didapatkan nilai GSD rata-rata orthomosaic untuk area pertama sebesar 6,49 cm/piksel dan area kedua sebesar 6,59 cm/piksel. Sehingga nilai GSD rata-rata untuk hasil pengolahan WebODM adalah ≈6,54cm/piksel seperti yang ditunjukkan Gambar 26 dan Gambar 27.

Berdasarkan standar ketelitian peta RBI pada Tabel 1 dan standar output orthofoto pada Tabel 2, maka skala yang paling sesuai untuk hasil pengolahan Pix4Dmapper adalah skala 1:5.000 kelas 1.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini, penulis mendapatkan beberapa kesimpulan yaitu: (1) WebODM dan Pix4Dmapper sama-sama dapat digunakan untuk mengolah data foto udara dan menghasilkan output berupa orthomosaic, DSM, point cloud dan hasil report. (2) Tingkat ketelitian yang didapatkan dari pengolahan Pix4Dmapper lebih baik dari pengolahan WebODM. Nilai RMSe ICP yang didapatkan dari Pix4Dmapper adalah sebesar 0,67361672 untuk horisontal dan vertikal sebesar 0,664288006. Sedangkan nilai RMSe ICP yang didapatkan dari WebODM adalah sebesar 1,92810327 untuk horisontal dan vertikal sebesar 1,195321336. (3) Resolusi orthomosaic WebODM lebih baik dari resolusi orthomosaic Pix4Dmapper. Nilai GSD yang didapatkan dari pengolahan WebODM adalah ≈5,5cm/piksel sedangkan nilai GSD yang didapatkan dari pengolahan Pix4Dmapper adalah ≈6,4cm/piksel. (4) Software Pix4Dmapper lebih unggul dalam hal ketelitian, sedangkan WebODM lebih unggul pada resolusi orthomosaic yang dihasilkan (5) Skala dan kelas yang sesuai dengan hasil pengolahan WebODM adalah 1:5.000 pada kelas 2,

sedangkan skala dan kelas yang sesuai dengan hasil pengolahan Pix4D adalah 1:5.000 pada kelas 1.

B. Saran

Adapun saran-saran yang mungkin dapat diterapkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya yaitu: (1) Semakin banyak jumlah foto yang digunakan, maka semakin besar pula RAM dan storage yang dibutuhkan untuk mengolah data foto menggunakan WebODM. (2) Melakukan perbandingan dari

segi fitur dan kecepatan pemrosesan dari kedua software.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. S. S. Thaariq, "Perbandingan Software Agisoft Photoscan, PIX4D, dan Aps Menci untuk Pemrosesan Data Foto Udara Menjadi Orthophoto dan Digital Surface Model," Universitas Gadjah Mada, 2018.
- [2] H. Hidayat and B. M. Sukojo, "Analysis of Horizontal Accuracy for Large Scale Rural Mapping Using Rotary Wing UAV Image," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2017, vol. 98, no. 1, p. 12052.