

## Pembuatan Model 3D Jalan Raya Bayat Untuk Keperluan Existing Menggunakan Metode Foto Udara (UAV) di Klaten

Dwiki Altito Priambodo<sup>1)</sup>, Martinus Edwin Tjahjadi<sup>2)</sup>, Ketut Tomy Suhari<sup>3)</sup>  
<sup>1, 2, 3)</sup> Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang-Jawa Timur, Indonesia  
Email: [dwikialtitop02@gmail.com](mailto:dwikialtitop02@gmail.com)<sup>1)</sup>, [edwin.tjahjadi@gmail.com](mailto:edwin.tjahjadi@gmail.com)<sup>2)</sup>,  
[ksuhari@lecturer.itn.ac.id](mailto:ksuhari@lecturer.itn.ac.id)<sup>3)</sup>

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v12i1.654>

(Received: December 2021 / Revised: February 2022 / Accepted: February 2022)

### Abstrak

Penggunaan teknologi pada geodesi serta geomatika, yaitu teknologi fotogrametri udara *unmanned aerial vehicle* (UAV) dapat berguna dalam mengetahui kondisi jalan raya terkini. Untuk mengetahui hal tersebut, dapat dilakukan pembuatan suatu model 3 dimensi jalan raya, sehingga mendapatkan informasi-informasi terkini dari jalan raya. Penggunaan teknologi tersebut digunakan agar memperoleh data yang digunakan dalam pembuatan model 3 dimensi. Pembuatan model tersebut dilakukan menggunakan metode *level of detail* (LoD)0-3 jalan raya dan dilakukan perhitungan uji validasi geometrik jalan raya, yaitu lebar jalan raya mencakup perhitungan nilai *root mean square error* (RMSE) serta standar deviasi. Penelitian ini memperoleh visualisasi model 3 dimensi jalan raya, kemampuan foto udara hanya mengidentifikasi objek jalan dalam pembuatan model 3 dimensi jalan raya, dan hasil uji validasi geometrik jalan raya dengan RMSE 0.0455141 meter (lapangan dengan foto), 0.155467038 meter (lapangan dengan model), serta standar deviasi 0.078829245 meter (lapangan dengan foto), 0.310609926 meter (lapangan dengan model). Visualisasi model 3 dimensi jalan raya dengan metode *level of detail* (LoD)0-3 telah dilaksanakan. Kemampuan foto udara hanya mengidentifikasi objek jalan pada pembuatan model 3 dimensi jalan raya. Hasil pemodelan 3 dimensi jalan raya dilakukan uji validasi untuk mengetahui kedekatannya dengan model sebenarnya.

Kata kunci: *jalan raya, 3 dimensi, level of detail, validasi,*

### Abstract

The use of technology in geodesy and geomatics, that's aerial photogrammetry technology using an unmanned aerial vehicle (UAV) useful to realize the current roadway condition. To find out, making a roadway 3-dimensional model is done, so that's the current of roadway information. That technology is used to obtain data in the manufacturing 3-dimensional model. The modeling was performed using the level of detail (LoD)0-3 method of the roadway and performed the calculation roadway geometries validation test, that's the width of roadway including the calculation of root mean square error (RMSE) and standard deviation. This study obtained a visualization of roadway 3-dimensional model, the ability of aerial photo to only identification of roadway object in the manufacture of a 3-dimensional model, and the results of the test

with RMSE 0.0455141 meters (field with photos), 0.155467038 meters (field with model), and standard deviation 0.078829245 meters (field with photos), 0.310609926 meters (field with model). The visualization of roadway 3-dimensional model with the level of detail (LoD)0-3 method already implemented. The ability of aerial photos to only identification of roadway objects in the manufacture of roadway 3-dimensional model. The 3-dimensional models of the roadway model are validated to determine its proximity to the actual model.

Keywords: *roadway, 3-dimensional, level of detail, validation*

## 1. Latar Belakang

Penggunaan salah satu teknologi pada geodesi serta geomatika, yaitu teknologi fotogrametri udara pesawat tanpa awak atau *unmanned aerial vehicle* (UAV) (Tjahjadi and Rifaan, 2018). Sebagai pengganti murah dari fotogrametri udara dengan awak, fotogrametri udara dengan *unmanned aerial vehicle* (UAV) menunjukkan banyak potensi dalam aplikasi geomatika dan geodesi termasuk agrikultur, kehutanan, arkeologi dan arsitektur, lingkungan, manajemen darurat, dan pemantauan lalu lintas (Tan and Li, 2019). Penggunaan *unmanned aerial vehicle* (UAV) digunakan buat pemantauan jalan raya supaya mengetahui kondisi asal dari jalan raya dengan memanfaatkan informasi yang diperoleh, serta mampu juga dipergunakan menjadi dasar pada pengambilan keputusan terkait kondisi jalan raya (Firdaus *et al.*, 2020). Kondisi jalan raya harus dalam keadaan yang baik demi keselamatan pengguna kendaraan bermotor (Kubota *et al.*, 2020).

Agar mendapatkan kondisi jalan raya terkini, dapat dilakukan pembuatan suatu model 3 dimensi jalan raya dengan memanfaatkan foto udara yang menunjukkan kondisi jalan raya pada saat ini dengan menggunakan suatu metode model 3 dimensi. Metode model 3 dimensi tersebut dapat dilaksanakan secara cepat, dan sistem pengoperasiannya cukup mudah karena dapat dipelajari dari sumber-sumber yang sudah ada, sehingga dapat dioperasikan oleh pemula. Hingga informasi-informasi dari kondisi jalan raya terkini dapat diperoleh, misalkan kondisi lebar jalan raya dari model yang disesuaikan dengan keadaan lapangan. Pemodelan 3 dimensi dengan suatu metode pemodelan 3 dimensi juga bisa mengukur kemampuan foto udara dalam melakukan pembuatan model 3 dimensi metode tersebut.

## 2. Metode Penelitian

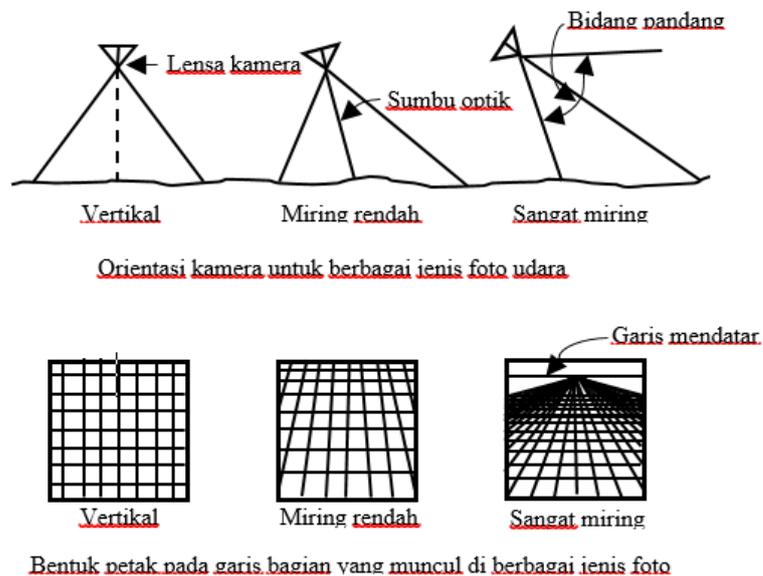
### 2.1 Pemotretan Udara

Suatu peta foto yang dilakukan dengan pemotretan melalui udara pada suatu wilayah dengan aturan fotogrametris tertentu dapat dikatakan sebagai foto udara (Syauqani *et al.*, 2017). Menurut Prasetya (2010) di dalam (Irsanti *et al.*, 2019), foto udara dapat dibedakan menjadi dua jenis foto udara:

1. Foto udara metrik merupakan hasil penggunaan kamera metrik yang dapat digunakan dalam memetakan daerah yang cukup luas dan dapat menghasilkan data spasial berketelitian tinggi dan efisien (Harintaka, Subaryono *et al.*, 2009 di dalam (Sondang, 2017).

2. Foto udara dengan kamera nonmetrik belum dapat digunakan secara langsung sebelum penyimpangannya menjadi terkoreksi dan pengolahan data dengan metode fotogrametri yang tepat, sehingga memperoleh hasil pengukuran dengan akurasi tinggi (Purwanto, 2017). Jenis foto udara ini bisa menampilkan hasil dari permukaan bumi dengan lebih detail dan resolusi sangat bagus serta penggunaannya sangat menguntungkan dari segi ekonomis dan waktu (Syetiawan and Haidar, 2019).

Berdasarkan sumbu kamera, foto udara pada umumnya dapat diklasifikasikan menjadi foto udara vertikal dan foto udara miring (Paine and Kiser, 2012). Foto udara tegak atau vertikal dilakukan dengan sumbu kamera yang diarahkan secara vertikal yang sejajar dengan bidang datum, sedangkan foto udara miring dilakukan dengan memiringkan sumbu kamera terhadap sumbu vertikal yang akan diilustrasikan pada Gambar 1 (Wolf *et al.*, 2014).



Gambar 1 Jenis pengambilan foto udara berdasarkan sumbu kamera

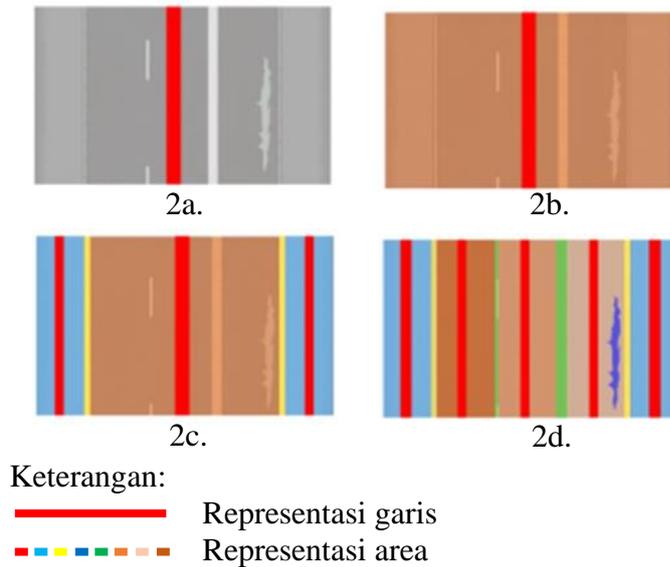
## 2.2 Level of Detail (LoD)

Level of detail (LoD) merupakan jumlah detail yang ditangkap pada model 3 dimensi, baik dalam hal geometri dan atribut secara kolektif yang menunjukkan seberapa menyeluruh cakupan spasial yang dimodelkan (Biljecki, 2017).

Menurut Beil & Kolbe (2017) di dalam (Labetski, Van Gerwen, *et al.*, 2018), mengusulkan konsep *level of detail* (LoD) baru yang dapat mewakili semua fitur kota berupa dengan memodelkan objek ruang jalan dari 'mode transportasi' pada *level of detail* 0 hingga *level of detail* 3 yang diilustrasikan pada Gambar 2 sebagai berikut:

1. *Level of detail* (LoD) 0 dapat diwakili dengan garis yang merepresentasikan seluruh lebar jalan yang ditunjukkan pada Gambar 2a.
2. *Level of detail* (LoD) 1 dapat diwakili dengan objek area yang merepresentasikan seluruh lebar jalan yang ditunjukkan pada Gambar 2b.

3. *Level of detail (LoD) 2* dapat diwakili dengan objek area yang segmentasinya lebih terperinci ke dalam ruang lalu lintas yang ditunjukkan pada Gambar 2c.
4. *Level of detail (LoD) 3* dapat direpresentasikan struktur halus seperti lubang got atau kerusakan jalan yang ditunjukkan pada Gambar 2d.
- 5.



Gambar 2 Representasi garis dan area jalan raya dengan keterangan (a). LoD 0. (b). LoD 1. (c). LoD 2. (d). LoD 3

### 2.3 Metode Analisa

Menurut (Krishnamurthy and Arasan, 2014), uji validasi dilakukan untuk menghasilkan sebuah model dengan sistem yang telah dibuat memiliki cukup kedekatan dengan model dengan sistem yang sebenarnya atau lapangan secara berulang untuk tujuan penelitian.

Menurut (Chai and Draxler, 2014), bahwa terdapat salah satu dari dua metode dalam menentukan kinerja dari suatu model yaitu dengan menggunakan metode perhitungan *root mean square error (RMSE)*. *Root mean square error (RMSE)* adalah sebuah keterampilan lain yang menghasilkan akar kuadrat dari perhitungan sisa rata-rata kuadrat untuk pengujian suatu nilai (Ghilani, 2017). Formula untuk perhitungan *root mean square error (RMSE)* dapat ditunjukkan pada persamaan (1), (Li *et al.*, 2015):

$$R = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n xr^2} \tag{1}$$

Keterangan:

R= *root mean square error (RMSE)*

xr= (dr-do)

n= jumlah sampel jarak

Selain perhitungan *root mean square error* (RMSE), perkiraan nilai parameter standar deviasi juga penting dalam menentukan standar akurasi dari pekerjaan yang telah dilakukan dengan definisi sebagai nilai statistik dalam menentukan persebaran data dalam sampel, serta pendekatan titik data individu ke rata-rata nilai sampel (Hidayat *et al.*, 2019). Standar deviasi dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan seperti dibawah ini (Wasserman *et al.*, 2017):

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - R)^2} \quad (2)$$

Keterangan:

R= *root mean square error* (RMSE)

x<sub>i</sub>= (d<sub>r</sub>-d<sub>o</sub>)

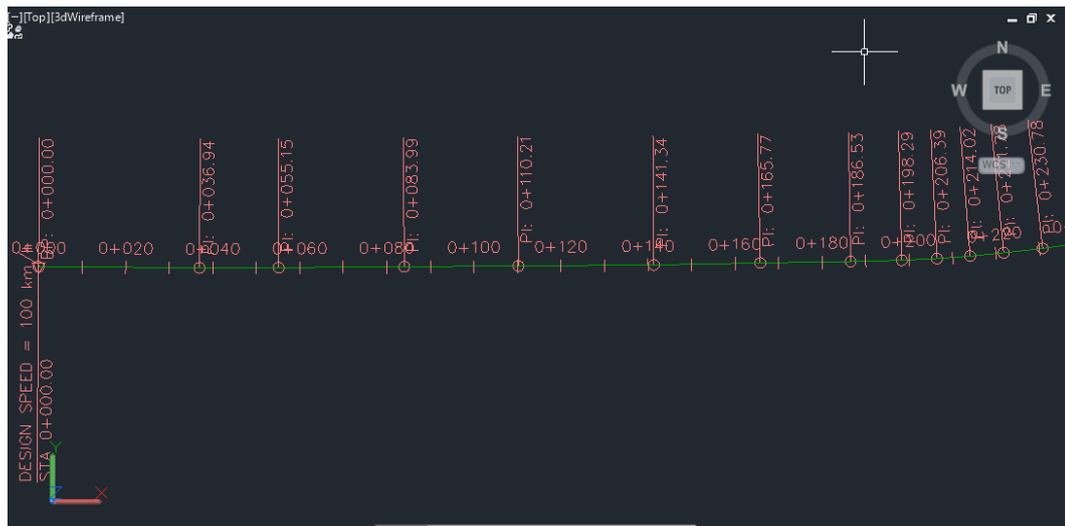
n= jumlah sampel jarak

S= standar deviasi

### 3. Hasil dan Pembahasan

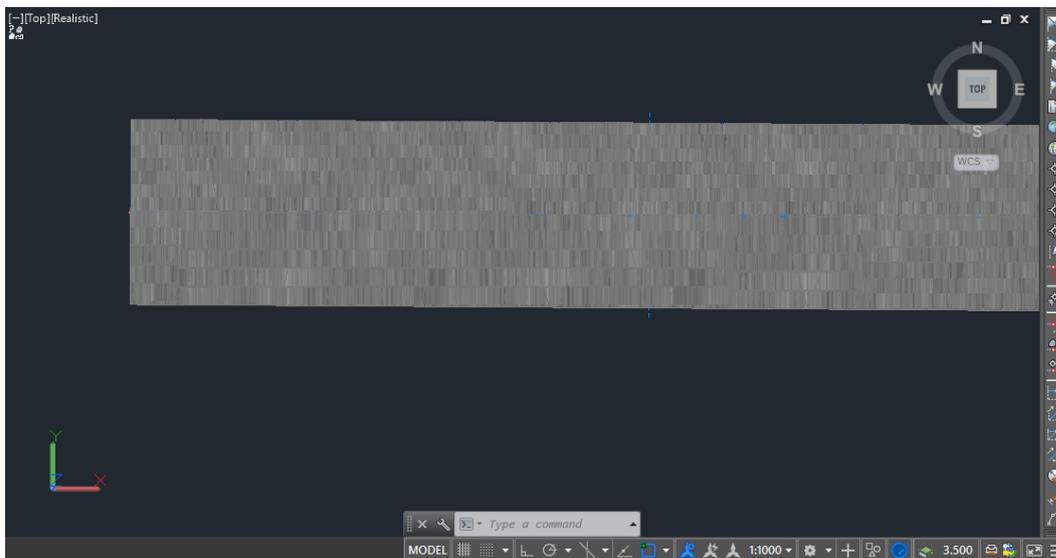
Model 3 dimensi jalan raya *level of detail* (LoD) 0 dapat dimodelkan dengan objek garis yang menandakan garis tengah pada jalan raya. Hal ini dapat digunakan untuk menghasilkan gambar skema dan visualisasi jaringan jalan raya. Karena masih bersifat abstrak atau berupa garis, jaringan jalan tidak memiliki deskripsi eksplisit dari objek.

Model *level of detail* (LoD) 0 jalan raya dalam penelitian ini menghasilkan sebuah garis linier yang menunjukkan jaringan jalan raya dengan memanfaatkan fungsi *alignment* pada *software* yang digunakan dalam penelitian ini. Pembuatan garis linier tersebut mengacu pada data *orthophoto* yang telah diperoleh dari pengolahan foto udara seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Pemodelan 3 dimensi jalan raya *level of detail* (LoD)0.

Berdasarkan Gambar 3, pembuatan model 3 dimensi jalan raya *level of detail* (LoD) 1 dapat dilakukan. Hal ini didasari dengan memanfaatkan garis linier yang dapat digunakan untuk pembuatan area pada jaringan jalan tersebut. Model 3 dimensi jalan raya *level of detail* (LoD) 1 dapat dimodelkan dengan geometris permukaan 3 dimensi. Dalam hal ini, tidak terdapat objek yang jelas dalam menentukan ruang jalan yang akan direpresentasikan. Dengan memanfaatkan fungsi *surface contour profile*, *corridor* dan *assembly* pada *software* yang digunakan dalam penelitian ini, pembuatan model 3 dimensi jalan raya *level of detail* (LoD) 1 dapat diperoleh dengan hasil yang memiliki kriteria. Pembuatan koridor dilakukan dengan memanfaatkan data *alignment* yang telah dibuat dan data kontur yang diperoleh dari ekstrak *point cloud* yang ditunjukkan pada Gambar 4, *point cloud* diperoleh dari hasil pengolahan foto udara yang kemudian diekspor ke dalam ekstensi *.las*, kemudian di-*import* ke dalam *software* penelitian agar memperoleh ekstensi *.rcp*. Berdasarkan hasil *level of detail* (LoD) 1 yang ditunjukkan pada Gambar 4, menunjukkan perbedaan terhadap hasil *level of detail* (LoD) 0 yang ditunjukkan pada Gambar 3, yaitu pada hasil *level of detail* (LoD) 1 menunjukkan sebuah model *level of detail* (LoD) 1 jalan raya dengan sebuah area berwarna abu-abu yang menunjukkan geometris permukaan 3 dimensi yang di dalamnya melingkupi *sidewalks* dan jalan raya. Sedangkan hasil *level of detail* (LoD) 0 pada Gambar 3 hanya menunjukkan sebuah garis linier yang menunjukkan *as* jalan raya yang di dalamnya belum mewakili detil jalan seutuhnya atau belum terdapat objek jalan raya dan *sidewalks*.



Gambar 4 Pemodelan 3 dimensi jalan raya *level of detail* (LoD)1.

Pembuatan model 3 dimensi jalan raya *level of detail* (LoD) 2 memungkinkan untuk merepresentasikan dekomposisi semantik lebih lanjut pada lalu lintas yang dimodelkan dengan segmentasi area terperinci. Berdasarkan (Beil and Kolbe, 2017), hasil yang diperoleh dari pembuatan model 3 dimensi jalan raya *level of detail* (LoD) 2 memiliki detail jalan, *sidewalks*. Dengan memanfaatkan fungsi

*assembly* yang terbaru, dapat dilakukan *update assembly* dengan menggantikan *assembly* yang digunakan LoD 1 ke *assembly* LoD 2.

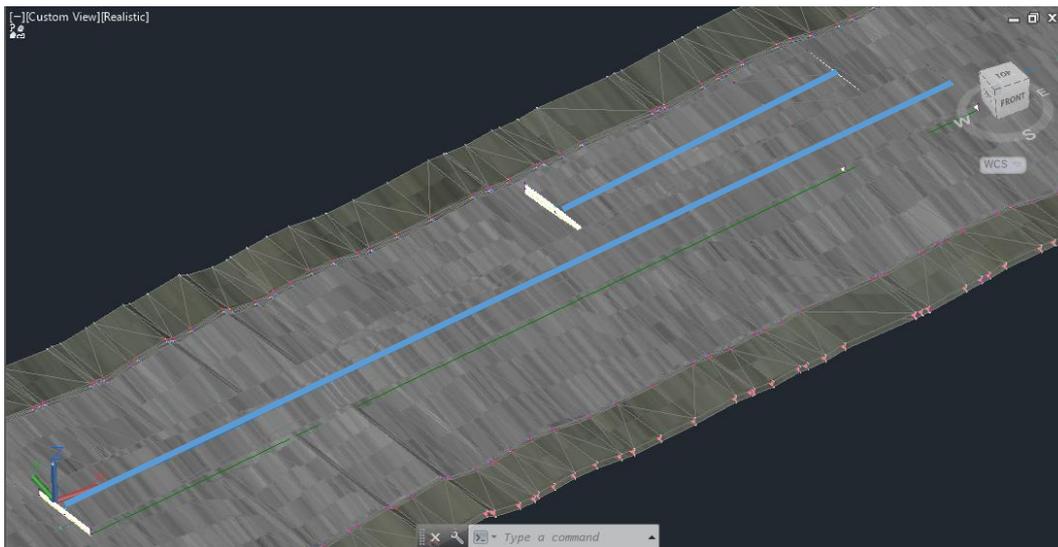


Gambar 5 Pemodelan 3 dimensi jalan raya *level of detail* (LoD)2.

Berdasarkan hasil dari *level of detail* (LoD) 2 y pada Gambar 5, bahwa model 3 dimensi jalan raya *level of detail* (LoD) 2 menghasilkan sebuah area dengan segmentasi terperinci. Beda antara Gambar 3, 4 dan 5 bahwa pada Gambar 3 hanya menunjukkan sebuah model *level of detail* (LoD) 0 dengan garis linier menunjukkan *as* jalan raya di dalamnya belum mewakili detil jalan seutuhnya atau belum terdapat objek jalan raya dan *sidewalks*. Pada Gambar 4 menunjukkan area warna abu-abu menunjukkan geometris permukaan 3 dimensi yang di dalamnya melingkupi *sidewalks* dan jalan raya. Dan pada Gambar 5, menunjukkan sebuah area yang berwarna abu-abu menunjukkan jalur pengemudi atau jalan raya dan berwarna hijau menunjukkan *sidewalks* dan objeknya sudah terpisahkan antara jalan raya dan *sidewalks*.

Model 3 dimensi jalan raya *level of detail* (LoD) 3 memungkinkan untuk merepresentasikan struktur halus yang berisi objek pada lalu lintas untuk setiap pengguna jalan raya seperti lubang got ataupun kerusakan jalan raya. Model 3 dimensi jalan raya *level of detail* (LoD) 3 dalam penelitian ini menghasilkan sebuah objek area pada jalan raya yang terdapat tambalan dari kerusakan jalan raya. Dari pengamatan *orthophoto*, terdapat 4 objek tambalan kerusakan dari jalan raya kemudian dilakukan pembuatan model 3 dimensinya. Dengan memanfaatkan fungsi *subassembly*, objek kerusakan tersebut dapat dimodelkan ke dalam 3 dimensi. Berikut salah satu objek tambalan kerusakan dari jalan raya yang ditunjukkan pada Gambar 6. Berdasarkan hasil pada Gambar 6, bahwa model 3D *level of detail* (LoD) 3 menunjukkan sebuah area yang di dalamnya terdapat jalan raya dan *sidewalks* dengan memiliki tambalan dari kerusakan jalan raya. Hasil tersebut 3D tersebut hanya ditunjukkan melalui visualisasi 3D yang diperoleh dari pengidentifikasian pada *orthophoto* tanpa mengukur ketebalan dari tambalan kerusakan jalan tersebut.

Berdasarkan pemodelan 3 dimensi jalan raya *level of detail* (LoD)3, kegunaan foto udara dalam pembuatan model 3 dimensi jalan raya masih dapat dilakukan. Akan tetapi fungsi foto udara dalam pembuatan model 3 dimensi jalan raya hingga *level of detail* (LoD)3 hanya untuk mengidentifikasi banyaknya objek kerusakan jalan raya atau galian karena foto udara belum mampu dalam membuat model 3 dimensi jalan raya *level of detail* (LoD)3. Identifikasi objek kerusakan jalan raya atau galian menggunakan *orthophoto*, Tinggi terbang wahana juga berpengaruh dalam mengidentifikasi objek-objek pada jalan raya karena semakin rendah tinggi terbang wahana semakin detail objek-objek pada jalan raya terlihat.



Gambar 6 Pemodelan 3 dimensi jalan raya *level of detail* (LoD)3.

Berdasarkan pemodelan 3 dimensi *level of detail* (LoD) 3 juga, dapat dilakukan proses uji validasi antara pemodelan dengan lapangan dan *orthophoto* dan lapangan. Uji validasi dilakukan agar memperoleh pendekatan model dengan model yang sebenarnya. Uji validasi yang dilakukan dalam penelitian ini dengan melakukan perbandingan antara lebar jarak jalan raya lapangan dengan lebar jarak jalan raya model, dan lebar jarak jalan raya lapangan dengan lebar jarak jalan raya foto udara. Pada Tabel 1, ditunjukkan data-data dari lebar jarak jalan raya lapangan, foto udara, dan pemodelan.

Tabel 1 Data lebar jarak jalan raya lapangan, foto udara, dan pemodelan

No	Data lebar jarak jalan raya (m)		
	Lapangan	Foto udara	Pemodelan
L1.	5.192	5.113	5.000
L2.	5.114	5.150	5.000
L3.	5.108	5.047	5.000
L4.	5.056	5.099	5.000
L5.	5.021	5.053	5.000

L6.	5.298	5.296	5.000
L7.	5.284	5.249	5.000
L8.	5.213	5.149	5.000
L9.	5.115	5.105	5.000
L10.	5.146	5.111	5.000
L11.	5.047	4.981	5.000
L12.	5.071	5.089	5.000
L13.	5.096	5.026	5.000
L14.	5.118	5.112	5.000
L15.	5.133	5.159	5.000

Untuk memperoleh nilai *root mean square error* (RMSE) dan nilai standar deviasi, maka dapat dilakukan pengujian validasi dari hasil yang ingin dilakukan proses uji validasi. Berdasarkan Tabel 1, dapat dilakukan perhitungan *root mean square error* (RMSE) diperoleh dengan perhitungan rumus yang dicantumkan pada bagian metodologi. Berdasarkan (Adi *et al.*, 2017), untuk memperoleh besaran hasil *root mean square error* (RMSE) dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan selisih dari sampel jarak antara lapangan dengan *orthophoto*.

Tabel 2 Perhitungan *root mean square error* (RMSE) data lapangan dan data foto udara.

No	Data lebar jarak jalan raya (m)		xr (m)	(xr) <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )
	Lapangan	Foto udara		
L1.	5.192	5.113	-0.079	0.006
L2.	5.114	5.150	0.036	0.001
L3.	5.108	5.047	-0.061	0.004
L4.	5.056	5.099	0.043	0.002
L5.	5.021	5.053	0.032	0.001
L6.	5.298	5.296	-0.002	0.000
L7.	5.284	5.249	-0.035	0.001
L8.	5.213	5.149	-0.064	0.004
L9.	5.115	5.105	-0.010	0.000
L10.	5.146	5.111	-0.035	0.001
L11.	5.047	4.981	-0.066	0.004
L12.	5.071	5.089	0.018	0.000
L13.	5.096	5.026	-0.070	0.005
L14.	5.118	5.112	-0.006	0.000
L15.	5.133	5.159	0.026	0.001
			Jumlah	0.031
			Rata-rata	0.002
			R (m)	0.046

Hasil dari perhitungan *root mean square error* (RMSE) sebesar 0.046 m untuk data lebar jalan raya dengan foto udara. Sedangkan perhitungan *root mean*

*square error* (RMSE) memiliki hasil sebesar 0.155 m untuk data lebar jarak jalan raya lapangan dengan pemodelan. Pada Tabel 2, dan Tabel 3, menunjukkan hasil dari kedua perhitungan *root mean square error* (RMSE).

Tabel 3 Perhitungan *root mean square error* (RMSE) data lapangan dan data pemodelan.

No	Data lebar jarak jalan raya (m)		xr (m)	(xr) <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )
	Lapangan	Model		
L1.	5.192	5.000	-0.192	0.037
L2.	5.114	5.000	-0.114	0.013
L3.	5.108	5.000	-0.108	0.012
L4.	5.056	5.000	-0.056	0.003
L5.	5.021	5.000	-0.021	0.000
L6.	5.298	5.000	-0.298	0.089
L7.	5.284	5.000	-0.284	0.081
L8.	5.213	5.000	-0.213	0.045
L9.	5.115	5.000	-0.115	0.013
L10.	5.146	5.000	-0.146	0.021
L11.	5.047	5.000	-0.047	0.002
L12.	5.071	5.000	-0.071	0.005
L13.	5.096	5.000	-0.096	0.009
L14.	5.118	5.000	-0.118	0.014
L15.	5.133	5.000	-0.133	0.018
			Jumlah	0.363
			Rata-rata	0.024
			R (m)	0.155

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3, hasil *root mean square* dapat digunakan untuk perhitungan standar deviasi. Standar deviasi juga memiliki peran penting dalam menentukan standar akurasi dari pekerjaan yang telah dilakukan. Berdasarkan (Yudhistira *et al.*, 2018), perhitungan standar deviasi diperoleh dari hasil selisih antara selisih sampel jarak di lapangan dan *orthophoto* serta pemodelan, dengan hasil nilai *root mean square error* (RMSE). Dari ha Besaran nilai standar deviasi antara data lebar jarak jalan raya lapangan dengan foto udara sebesar 0.079 meter. Sedangkan untuk besaran nilai standar deviasi antara data lebar jarak jalan raya lapangan dengan pemodelan sebesar 0.311 meter. Tabel 4 dan Tabel 5, menunjukkan hasil dari kedua perhitungan besaran standar deviasi.

Tabel 4 Perhitungan standar deviasi data lapangan dan data foto udara.

No	Data lebar jarak jalan raya		xr (m)	xr-R (m)	(xr-R) <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )
	(m)				
	Lapangan	Foto udara			
L1.	5.192	5.113	-0.079	-0.125	0.016
L2.	5.114	5.150	0.036	-0.010	0.000

L3.	5.108	5.047	-0.061	-0.107	0.011
L4.	5.056	5.099	0.043	-0.003	0.000
L5.	5.021	5.053	0.032	-0.014	0.000
L6.	5.298	5.296	-0.002	-0.048	0.002
L7.	5.284	5.249	-0.035	-0.081	0.006
L8.	5.213	5.149	-0.064	-0.110	0.012
L9.	5.115	5.105	-0.010	-0.056	0.003
L10.	5.146	5.111	-0.035	-0.081	0.006
L11.	5.047	4.981	-0.066	-0.112	0.012
L12.	5.071	5.089	0.018	-0.028	0.001
L13.	5.096	5.026	-0.070	-0.116	0.013
L14.	5.118	5.112	-0.006	-0.052	0.003
L15.	5.133	5.159	0.026	-0.020	0.000
Jumlah					0.087
Rata-rata					0.006
S (m)					0.079

Tabel 5 Perhitungan standar deviasi data lapangan dan data pemodelan.

No	Data lebar jarak jalan raya (m)		xr (m)	xr-R (m)	(xr-R <sup>2</sup> ) (m <sup>2</sup> )
	Lapangan	Foto udara			
L1.	5.192	5.000	-0.192	-0.347	0.121
L2.	5.114	5.000	-0.114	-0.269	0.073
L3.	5.108	5.000	-0.108	-0.263	0.069
L4.	5.056	5.000	-0.056	-0.211	0.045
L5.	5.021	5.000	-0.021	-0.176	0.031
L6.	5.298	5.000	-0.298	-0.453	0.206
L7.	5.284	5.000	-0.284	-0.439	0.193
L8.	5.213	5.000	-0.213	-0.368	0.136
L9.	5.115	5.000	-0.115	-0.270	0.073
L10.	5.146	5.000	-0.146	-0.301	0.091
L11.	5.047	5.000	-0.047	-0.202	0.041
L12.	5.071	5.000	-0.071	-0.226	0.051
L13.	5.096	5.000	-0.096	-0.251	0.063
L14.	5.118	5.000	-0.118	-0.273	0.075
L15.	5.133	5.000	-0.133	-0.288	0.083
Jumlah					1.351
Rata-rata					0.096
S (m)					0.311

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1 Kesimpulan

Visualisasi model 3 dimensi jalan raya dengan metode *level of detail* (LoD)0 hingga *level of detail* (LoD)3 telah berhasil dilaksanakan. Pada pemodelan 3 dimensi jalan raya metode *level of detail* (LoD)3 menghasilkan model yang kurang baik dikarenakan terdapat objek yang terhalang oleh vegetasi sehingga berpengaruh pada proses pembuatan model 3 dimensi *level of detail* (LoD)3. Visualisasi model 3 dimensi jalan raya dapat juga dengan memanfaatkan foto udara.

Kemampuan foto udara dalam pembuatan model 3 dimensi jalan raya hingga *level of detail* (LoD)3 masih dapat dilakukan. Akan tetapi kemampuan foto udara pada pembuatan model 3 dimensi jalan raya *level of detail* (LoD)3 hanya sebatas mengidentifikasi objek-objek pada jalan raya. Karena foto udara belum mampu untuk membuat secara langsung model 3 dimensi jalan raya *level of detail* (LoD)3. Tinggi terbang wahana juga mempengaruhi banyaknya detail yang diperoleh. Semakin rendah tinggi terbang wahana yang dilakukan, maka area yang dipotret akan semakin kecil dan detail dari objek akan semakin jelas.

Model 3 dimensi yang diperoleh dapat dilakukan uji validasi untuk mengetahui seberapa besar kedekatannya dengan model sebenarnya. Uji validasi dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan *root mean square error* (RMSE) data lapangan dengan foto udara dengan besaran nilai 0.046 m dan data lapangan dengan data pemodelan dengan besaran nilai 0.155 meter. Sedangkan besaran standar deviasi antara data lapangan dengan data foto udara sebesar 0.079 m dan data lapangan dengan data pemodelan sebesar 0.311 m.

### 4.2 Saran

Dalam pengolahan data sebaiknya dilakukan dengan spesifikasi laptop atau komputer yang cukup bagus, karena dapat memengaruhi kinerja dan hasil dari penelitian ini. Pembuatan model 3 dimensi jalan raya dapat menggunakan data foto udara yang memiliki tinggi wahana terbang yang rendah. Dalam pembuatan model 3 dimensi juga alangkah baiknya pengukuran lapangan tidak hanya mengukur lebar jalan saja, tetapi juga dilakukan pengukuran kerusakan dari jalan raya.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis ucapkan terima kasih pada kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, kepada dosen-dosen pembimbing penulis yang telah membantu hingga terselesaikannya penelitian ini, dan kepada orang tua penulis yang mendukung dan mendoakan penulis agar penelitian ini dapat terselesaikan dengan lancar.

## Daftar Kepustakaan

- Adi, A.P., Prasetyo, Y., Yuwono, B.D. (2017) Pengujian Akurasi dan Ketelitian Planimetrik Pada Pemetaan Bidang Tanah Pemukiman Skala Besar Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *Jurnal Geodesi Undip*. 6(1), 208–217.
- Beil, C., Kolbe, T.H. (2017) CityGML and The Streets Of New York - A Proosal For Detailed Street Space Medelling. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. IV-4/W5, 9–16.
- Biljecki, F. (2017) *Level of detail in 3D city models*. Dissertation. Delft: Delft University of Technology.
- Chai, T., Draxler, R.R. (2014) *Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?* Numerical Methods.
- Firdaus, Z.M., Handayani, H.H., Hidayat, H. (2020) Pemanfaatan Data LiDAR dan Foto Udara untuk Pemodelan Kota Tiga Dimensi (Studi Kasus: Wilayah Surabaya Barat). *Journal of Geodesy and Geomatics*. 16(1), 80–92.
- Ghilani, C.D. (2017) *Adjustment Computations: Spatial Data Analysis*. 6th ed. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Hidayat, R.N., Sabri, L.M., Awaluddin, M. (2019) Analisis Desain Jaring GNSS Berdasarkan Fungsi Presisis (Studi Kasus: Titik Geoid Geometri Kota Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*. 8(1), 48–55.
- Irsanti, D., Sasmito, B., Bashit, N. (2019) Kajian Pengaruh Penajam Citra Untuk Penghitungan Jumlah Pohon Kelapa Sawit Secara Otomatis Menggunakan Foto Udara (Studi Kasus: KHG Bentayan Sumatra Selatan). 8(1), 7.
- Krishnamurthy, K., Arasan, V.T. (2014) Effect of road width and traffic volume on vehicular interactions in heterogeneous traffic: Traffic Operations and Management. *Journal of Advanced Transportation*. 48(1), 1–14.
- Kubota, S., Hata, R., Nishi, K., Ho, C., Yasumuro, Y. (2020) Road Maintenance Management System Using 3D Data by Terrestrial Laser Scanner and UAV. In 37th International Symposium on Automation and Robotics in Construction. Kitakyushu, Japan.
- Labetski, A., van Gerwen, S., Tamminga, G., Ledoux, H., Stoter, J. (2018) A Proposal For An Improved Transportation Medel In CityGML. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XLII-4/W10, 89–96.
- Li, H., Zhang, A., Hu, S. (2015) A Multispectral Image Creating Method for a New Airborne Four-Camera System with Different Bandpass Filters. *Sensors*. 15(7), 17453–17469.
- Paine, D.P., Kiser, J.D. (2012) *Aerial Photography and Image Interpretation*. Third Edition. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Purwanto, T.H. (2017) Pemanfaatan Foto Udara Format Kecil untuk Ekstraksi Digital Elevation Model dengan Metode Stereoplotting. *Majalah Geografi Indonesia*. 31(1), 73–89.

- Sondang, V.A. (2017) Pembuatan Model Ortofoto Hasil Perekaman Dengan Wahana UAV Menggunakan Perangkat Lunak Fotogrametri. *Jurnal Tekno Global*. 6(02), 5.
- Syauqani, A., Subiyanto, S., Suprayogi, A. (2017) Pagaruh Variasi Tinggi Terbang Penggunaan 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, A., Haidar, M. (2019) Pemetaan Perkebunan Sawit Rakyat Dari Foto Udara Non Metrik Menggunakan Analisis Berbasis Objek. *Majalah Ilmiah Globe*. 21(1), 53.
- Tan, Y., Li, Y. (2019) UAV Photogrammetry-Based 3D Road Distress Detection. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 8(9), 409.
- Tjahjadi, M.E., Rifaan, M. (2018) Foto Udara Menggunakan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Untuk Pemodelan 3D Jalan Raya, 6.
- Wasserman, N.H., Casey, S., Champion, J., Huey, M. (2017) Statistics as unbiased estimators: exploring the teaching of standard deviation. *Research in Mathematics Education*. 19(3), 236–256.
- Wolf, Paul R, Dewitt, B.A., Wilkinson, B.E. (2014) *Elements of Photogrammetry with Applications in GIS, 4th*. Fourth Edi. Mc Graw Hill Education.
- Yudhistira, R., Tjahjadi, M.E., Noraini, A. (2018) Pemodelan 3D Existing Jalan Raya dengan Pemotretan Foto Udara (UAV) (Studi Kasus: Jalan Sukarno Hatta, Kota Malang), 1–5.

Copyright (c) Dwiki Altito Priambodo, Martinus Edwin Tjahjadi, Ketut Tomy Suhari