

**VISUALISASI MODEL 3D KAMPUS DEPARTEMEN TENIK GEODESI FAKULTAS
TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO**

Adji Chandra Tistariawan^{*)}, Arief Laila Nugraha, Bandi Sasmito

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email: adjict@students.undip.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan sistem informasi geografis (SIG) pada saat ini sudah berkembang dengan cepat. Muncul nya visualisasi 3D yang memungkinkan pengguna untuk melihat peta 3D yang dapat memudahkan pengguna dalam melihat menginterpretasikan tempat tersebut. Namun, model 3D berorientasi objek apabila divisualisasikan, maka model 3D hanya berbentuk satu kesatuan yang membatasi fungsi SIG dalam menyampaikan informasi. Penelitian ini bertujuan untuk membuat model 3D Kampus Departemen Teknik Geodesi, rancang bangun 3D GIS. Maka dibutuhkannya metode *Full level of Detail* (FLoD's) serta metode objek berorientasi entitas dalam pembuatan model 3D. Metode FLoD yang digunakan adalah kombinasi *Outdoor Level of Detail 3* (OLoD3) dan *Indoor Level of Detail 1* (ILoD1) untuk membangun model 3D menggunakan perangkat lunak SketchUp dan informasi yang dibangun ke dalam model 3D menggunakan perangkat lunak CityEngine. Hasil penelitian berupa model 3D yang telah dibangun baik luar ataupun dalam dapat divisualisasikan dengan baik dan sesuai metode FLoD dengan spesifikasi OLoD3 dan ILoD1 dan analisis uji geometri pada model 3D dengan hasil ketelitian ± 0.016 m. Hasil uji geometri telah memenuhi pada standar akurasi relatif berupa panjang dimensi. Hasil rancang bangun model 3D yang telah dibangun dapat menunjukkan model 3D yang menampilkan informasi kepada pengguna, sehingga model 3D dapat diakses oleh pengguna adalah model 3D yang menampilkan informasi yang telah ditambahkan dengan metode objek berorientasi entitas.

Kata Kunci : LoD, SIG, SIG 3D.

ABSTRACT

The development of geographic information systems (GIS) is currently developing rapidly. The appearance of 3D visualization that allows users to view 3D maps that can make it easier for users to see and interpret the place. However, when an object-oriented 3D model are visualized, the 3D model will be visualized in a form of one object which limits the function of GIS when deliver the information. The purpose of this research to create a 3D model of Departemen Geodetic Engineering, design 3D GIS. So the method used in this research are Full Level of Detail (FLoD's) and entity-oriented object. FLoD method that combine Outdoor Level of Detail 3 (OLoD3) and Indoor Level of Detail 1 (ILoD1) to create the 3D model with SketchUp software and built the information into the 3D model using CityEngine software. The result of this research are in the form of 3D models that have been built both inside and outside that can be visualized properly and according to the FLoD method with OLoD3 and ILoD1 specifications and analysis of the geometry test on the 3D model with accuracy of ± 0.016 m. The geometry test results have met the relative accuracy standard in the form of dimensional length. The result 3D model design that have been built can display the information that has been added using the entity-oriented object method.

Keywords : GIS 3D, GIS, LoD.

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Priambodo (2012) telah mengkaji pembuatan model 3D dengan memadukan data pengukuran lapangan berupa theodolite dan citra satelit quickbird yang digunakan oleh Google Earth, kemudian di *upload* model 3D ke dalam Google Earth. Terciptanya model 3D yang menampilkan bentuk bangunan pada gedung – gedung teknik yang telah dibuat dan di *upload* ke dalam aplikasi Google Earth. Pengguna dimanapun dapat mengakses model 3D yang sudah di *upload* dalam waktu yang bersamaan.

Namun, model 3D yang ditampilkan pada Google Earth merupakan model 3D yang berorientasi objek, bukan berorientasi entitas. Model 3D yang berorientasi objek ini membatasi informasi yang akan disampaikan kepada pengguna, karena model 3D nya hanya bisa menyampaikan informasi secara umum untuk mewakili model tersebut. Pengguna juga hanya bisa mengakses model 3D dari luar tanpa mengetahui informasi yang dikandung pada dalam model 3D tersebut. Sehingga, model 3D yang akan dibuat bisa menampilkan kepada pengguna berupa model 3D dengan menggabungkan orientasi entitas dan pembangunan model 3D yang mengacu pada FLoD dalam visualisasi model 3D yang sesuai dengan bentuk sebenarnya secara rinci baik bagian luar maupun bagian dalam.

Penelitian ini mengkaji tentang perancangan dan pembangunan sistem informasi dan visualisasi model 3D kampus dengan pembuatan model 3D yang menyajikan informasi yang lebih lengkap pada model 3D. Pembangunan model 3D yang dapat menampilkan kepada pengguna sebuah visualisasi pada model yang bentuk nya sesuai dengan bentuk bangunan dan ruangan sebenarnya dan pencarian informasi secara kompleks pada bangunan maupun ruangan. Objek penelitian dalam pembangunan model 3D ini adalah Kampus Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Pembangunan model 3D GIS kampus yang memiliki informasi divisualisasikan untuk memudahkan pengguna baik mahasiswa ataupun masyarakat dalam mencari informasi seputar wilayah kampus yaitu Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.

I.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini mengangkat beberapa rumusan masalah dari sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil model 3D GIS Kampus Teknik Geodesi?
2. Bagaimana hasil uji ketelitian pada model 3D?

I.3 Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan akhir dilakukan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui hasil model 3D GIS Kampus Teknik Geodesi.
2. Mengetahui Hasil uji ketelitian pada model 3D.

I.4 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini digunakan agar fokus pada penelitian dan tidak terlalu luas. Batasan penelitian ini adalah:

1. Objek kajian adalah Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
2. Pembuatan model 3D menggunakan data ukuran yang diperoleh menggunakan alat ukur Total Station (TS) untuk area Gedung Kuliah Bersama (GKB) B, C dan Dekanat Lama Fakultas Teknik UNDIP berupa CAD.
3. Pembuatan model 3D menggunakan perangkat lunak Sketchup dan pembangunan Sistem Informasi 3D menggunakan perangkat lunak CityEngine.
4. Model 3D yang dibuat dibatasi dengan unit spasial terkecil mengikuti ruang terkecil yang ada dalam objek kajian, berupa kamar mandi.
5. Pembuatan Model 3D mengacu pada metode *Full Level of Detail* (FLoD's) dengan kombinasi berupa *Outdoor Level of Detail 3* (OLoD3) dan *Indoor Level of Detail 1* (ILOD1).
6. Model 3D diluar bangunan tersebut seperti taman, lapangan dan tempat parkir tidak dibuat dan tidak dimasukkan ke dalam visualisasi model 3D Kampus Teknik Geodesi.
7. Informasi model 3D bangunan dan ruangan yang ditampilkan mengikuti objek kajian pada penelitian ini, adapun ruangan yang dibangun hanya memiliki informasi secara umum atau tidak memiliki informasi sama sekali.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Sistem Informasi Geografis

SIG menurut oleh Abdul (2008), SIG harus bisa menyediakan informasi tentang fenomena geospasial. Pada dasarnya, tugas atau fungsi dari SIG yaitu: *capture, structuring, manipulation, analysis* dan *presentation*. Penjelasan kepada setiap fungsinya sebagai berikut:

1. *Capture* (Menangkap)
Menangkap yang dimaksud adalah memasukkan data spasial ke dalam sistem. Begitu banyak teknik dan perangkat yang berbeda tersedia untuk data geometri dan atribut. Perangkat yang sering digunakan untuk mengambil data spasial yang dapat diklasifikasikan sebagai manual, semi-otomatis atau otomatis dan data yang dihasilkan bisa berupa format *raster* atau *vector*.
2. *Structuring* (Penataan)
Penataan merupakan tahapan yang penting dalam membuat basis data spasial menggunakan SIG. Karena ini menentukan berbagai fungsi yang dapat digunakan untuk manipulasi dan analisis. Sistem yang berbeda mungkin memiliki kemampuan penataan yang berbeda (topologi sederhana atau kompleks, relasional atau berorientasi objek)
3. *Manipulation* (Manipulasi)

Di antara operasi manipulasi, yang terpenting adalah generalisasi dan transformasi. Generalisasi diterapkan untuk menghaluskan data spasial dan meliputi poenghalusan garis, pemfilteran titik, dll. Transformasi yang mencakup berupa transformasi koordinat menjadi proyeksi dan skala peta tertentu.

4. *Analysis* (Analisis)
Analisis merupakan inti dari sistem SIG yang melibatkan operasi metrik dan topologi pada data geometris dan atribut. Terutama, analisis dalam SIG menyangkut operasi pada lebih dari satu set data yang menghasilkan informasi spasial baru dari data tersebut. Analisis medan (seperti jarak pandang), perhitungan geometris (volume, luas, dll), *overlay*, *buffering*, zonasi yang merupakan fungsi analisis khas dalam SIG.
5. *Presentasion* (Presentasi)
Presentasi merupakan tahap terakhir pada SIG. Tahap yang menampilkan semua informasi atau hasil yang dihasilkan akan disajikan dalam bentuk peta, grafik, table, laporan, dll.

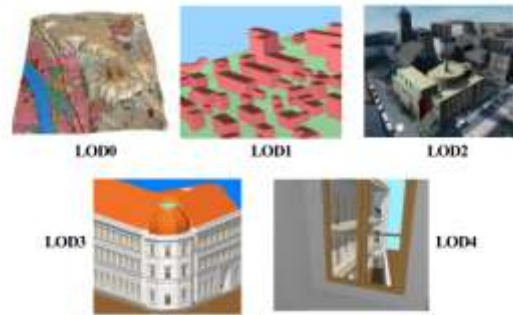
II.2 Sistem Informasi Geografis 3D

SIG 3D memiliki definisi yang tidak beda jauh dengan sistem 2D (Abdul-Rahman, 2008). Dalam SIG, sistem 2D merupakan hal yang umum, banyak digunakan dan dapat menangani sebagian besar tugas SIG secara efisien. Sistem yang sama mungkin tidak dapat menangani data 3D apabila aplikasi 3D yang digunakan lebih maju. Data 3D sangat memerlukan SIG 3D untuk menghasilkan informasi tersebut. Sistem ini bukanlah sebuah implementasi yang mudah dari dimensi lain (3D) menjadi SIG 2D. Perlu nya penelitian lebih lanjut dari berbagai aspek dalam SIG termasuk perbedaan konsep dalam pemodelan, representasi dan aspek penataan data. SIG pada umum nya lebih sering digunakan dan dipahami untuk menangani, menyimpan, memanipulasi dan menganalisis data spasial 2D.

Data SIG 2D dan 2.5D (termasuk data DTM) secara umum diterima oleh komunitas SIG. Data 2D dapat dimanipulasi dan mudah untuk mengatasi data nya, untuk data DTM tidak bisa di pertimbangkan sebagai sistem SIG 3D karena data DTM bukan merupakan data spasial 3D. Data DTM hanya menyediakan fitur koordinat yang terdiri dari planimetri atau koordinat x, y sebagai atribut permukaan.

II.3 Level of Detail

OGC (2012) menyebutkan bahwa *Level Of Detail* (LoD) dibutuhkan untuk mencerminkan proses pengumpulan data yang independen dengan kebutuhan aplikasi yang berbeda. LoD memudahkan pengguna nya dengan memberikan layanan berupa visualisasi data dan analisis data seperti pada **gambar 2**.

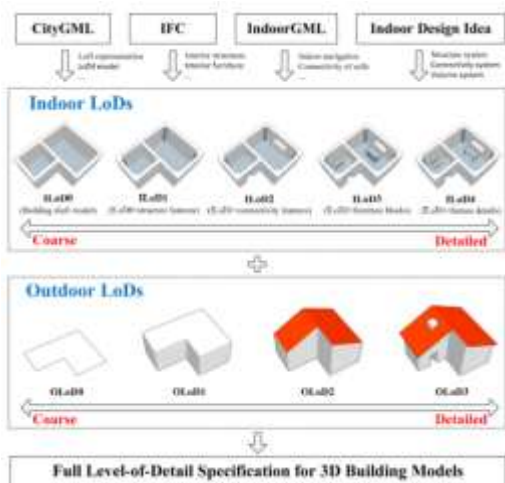


Gambar 1 5 LoD yang didefinisikan oleh CityGML (sumber: IGG Uni Bonn)

Dalam dataset CityGML, objek yang sama bisa di representasikan dengan LoD yang berbeda dengan serentak, membuat analisis dan visualisasi dari objek yang sama dengan perbedaan dari segi resolusi. LoD dibagi menjadi 5 kategori yaitu:

1. LoD0
LoD0 merupakan yang paling kasar, karena pada dasar nya tampilannya berupa 2.5D dari *Digital Terrain Model* (DTM) yang diperoleh dari foto udara. Tingkat pandang pada LOD0 adalah regional (*regional view*)
2. LoD1
LoD1 merupakan bangunan yang merepresentasikan model 2D menjadi model 3D, dimana visualisasi model nya berupa kotak dengan atap yang datar.
3. LoD2
Bangunan pada LoD2 memvisualisasikan bangunan yang sudah memiliki stuktur atap yang sudah mulai memiliki tesktur yang mirip dengan bangunannya
4. LoD3
Bangunan pada LoD3 sudah mulai memvisualisasikan bangunan yang detail, dimana bentuk dinding dana tap yang sudah menyerupai model aslinya, serta memungkinkan adanya jendela dan juga pintu pada model 3D nya.
5. LoD4
Bangunan pada LoD4 melengkapi LoD3, karena LoD4 menambahkan struktur interior pada model 3D. Contoh pada LoD4 seperti adanya ruangan pada bangunan, kemudian adanya tangga dan juga furniture.

LoD sendiri bisa dispesifikasikan menjadi dua, yaitu *indoor* LoDs (ILoDs) dan *Outdoor* LoDs (OLODs) seperti pada **gambar 3** yang menjelaskan spesifikasi penuh dari model bangunan sesuai dengan LoD nya dan **tabel 2** yang merepresentasikan model bangunan secara geometrik perbedaan LoD secara penuh (*Full LoDs/FLoDs*).



Gambar 2 Rute penelitian dari spesifikasi penuh LoD pada model bangunan 3D, IFC (Industry Foundation Classes); ILoD (Indoor LoD); OLoD (Outdoor LoD) (Lei Tang, 2018)

Tabel 1 Representasi model bangunan geometric dalam perbedaan Full LoDs (FLoDs) (Lei Tang, 2018)

FLoDs	ILoD0	ILoD1	ILoD2	ILoD3	ILoD4
OLoD0					
OLoD1					
OLoD2					
OLoD3					

II.4 Pemetaan Situasi

Pada dasarnya pengukuran untuk pemetaan adalah menentukan posisi horizontal dan posisi vertikal setiap titik di lapangan (Hendro, 2012), yang dimaksud titik – titik disini adalah:

1. Titik – titik yang memiliki fungsi sebagai titik pengontrol pengukuran lebih lanjut yang disebut sebagai **titik kontrol**. Titik kontrol yang dibuat merupakan Kerangka Dasar Pemetaan. Titik kontrol yang ada di lapangan diberikan tanda dengan patok yang terbuat dari beton atau kayu.
2. **Titik – titik bantu** yang memiliki fungsi sebagai titik antara, dimana pengukuran detail yang berawal dari satu titik kontrol dan berakhir pada titik ontrol lainnya, apabila pengukuran dari titik kontrol tersebut tidak dapat dicapai dengan satu kali pengukuran (satu kali berdiri alat), maka titik – titik bantu dapat ditandai berbeda dengan titik kontrol (patok dibedakan)
3. **Titik – titik detail** merupakan titik unsur buatan manusia maupun unsur alam, seperti batas – batas tanah, saluran irigasi, pojok bangunan, jalan, dll. Juga titik lain yang digunakan untuk membuat garis – garis kontur

Tujuan dari pemetaan situasi sendiri adalah membuat gambaran situasi dari suatu wilayah ke atas bidang datar dengan skala yang sudah ditentukan dengan mendeskripsikan seperti jalan, sungai, rumah, jembatan, batas pagar, tanaman serta keadaan reliefnya sebagai peta dasar untuk berbagai keperluan teknik.

II.5 Perangkat Lunak ESRI CityEngine

Perangkat lunak CityEngine merupakan aplikasi perangkat lunak modeling 3D yang dibuat oleh ESRI. Aplikasi yang telah di publikasikan pada tahun 2008 dan perangkat lunak yang telah digunakan secara luas untuk membuat model 3D yang detil adalah salah satu spesialisasi aplikasi CityEngine.

II.6 Perangkat Lunak SketchUp

Perangkat lunak SketchUp yang dimiliki oleh Trimble Inc. merupakan aplikasi yang digunakan untuk membuat, merubah dan mempublikasikan model 3D (Imam, 2012). Aplikasi ini dapat membuat model 3D nya dari awal, bisa juga menggunakan citra sebagai acuan untuk membuat model 3D yang posisi nya terikat sesuai dengan lokasi tersebut.

II.7 Uji Geometri

Model 3D yang telah dibuat dan dimasukkan ke dalam SIG tentu memiliki geometri, dimana geometri tersebut merupakan bentuk yang merepresentasikan model 3D ruang yang sesuai dengan di data ukuran yang telah dibuat. Maka untuk memastikan apakah model 3D yang telah di ditampilkan kepada pengguna memiliki geometri yang sesuai dengan ukuran aslinya, dilakukannya uji geometri sebagai validasi pada model 3D bangunan maupun ruangan dengan cara melakukan uji RMSE (*Root Mean Square Error*). Pada pengukuran ini juga menggunakan standar akurasi relatif, dimana pengukuran ini membandingkan satu dengan lainnya secara proporsional. Maka uji geometri ini hanya menggunakan dimensi panjang pada bangunan maupun ruangan.

RMSE didapatkan dari proses antara nilai akar kuadrat total selisih ukuran kuadrat dengan jumlah ukuran yang digunakan. Definisi matematis dari RMSE mirip dengan simpangan baku, yaitu akar kuadrat dari rata – rata jumlah kuadrat residual (Soeta’at. 1994). Rumus menghitung RMSE dapat dilihat pada persamaan berikut:

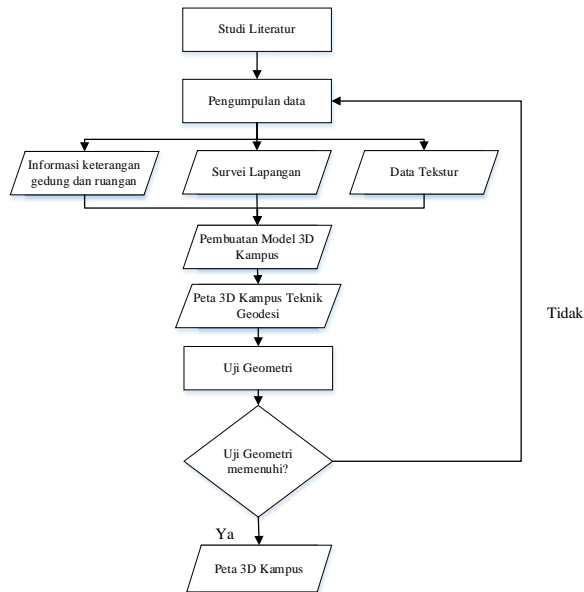
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(R-R_1)}{n}} \dots\dots\dots (II.1)$$

- Keterangan:
 RMSE : *Root Mean Square Error*.
 R : Nilai yang dianggap benar.
 R₁ : Nilai hasil ukuran validasi.
 N : Banyak ukuran yang digunakan.

III. Metodologi Penelitian

III.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pembuatan aplikasi 3D Kampus dapat dilihat pada **gambar 4**.



Gambar 3 Diagram Alir Pembuatan Aplikasi 3D kampus.

III.2 Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Laptop Asus GL553VD Windows 10 16GB RAM, Intel®Core™i7-7700HQ CPU @ 2.80GHz (8CPUs).
2. Kamera Sony A6000.
3. Drone Parrot Anafi.
4. Meteran 50 meter.
5. Total Station Sokkia IM-105 *Reflectorles*.
6. Alat tulis dan peratalan pendukung lainnya.
7. Perangkat lunak AutoCAD Map 3D 2018.
8. Perangkat lunak SketchUp 2019.
9. Perangkat lunak CityEngine 2019.

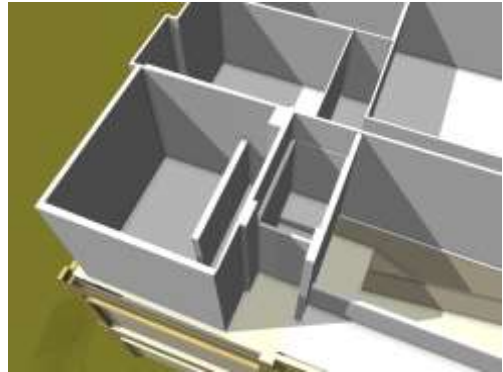
Data yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

1. Data Foto Udara yang didapat dari penelitian Cartenz Noviantri Handayani (2020) yang digunakan sebagai *terrain* dan acuan ketinggian pada model 3D.
2. Data foto yang digunakan sebagai tekstur pada model 3D.
3. Data informasi bangunan yang digunakan untuk melengkapi informasi atribut pada model 3D.

IV. Hasil dan Analisis

IV.1 Hasil dan Analisis Model 3D Kampus Teknik Geodesi

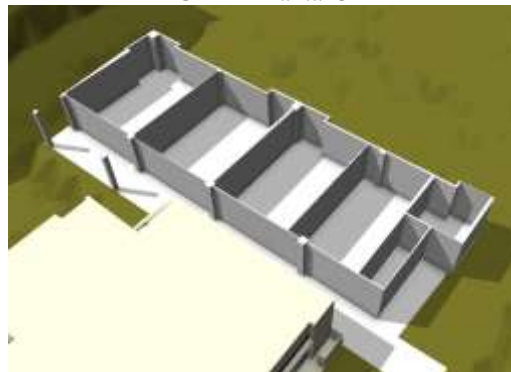
Hasil model 3D dalam penelitian ini yang menggunakan metode FLoD dengan kombinasi OLoD3 dan ILoD1 menggunakan perangkat lunak SketchUp yang dapat dilihat pada **gambar 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11** dan **12**.



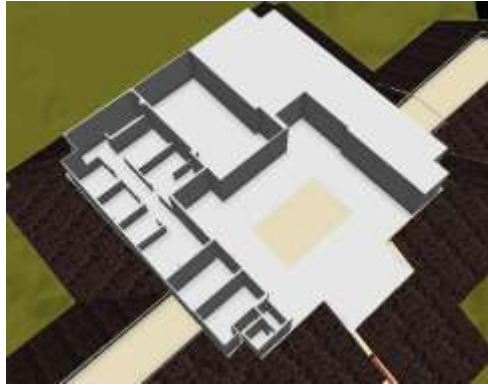
Gambar 4 Model 3D ILoD1 kamar mandi yang merupakan ruangan terkecil pada model



Gambar 5 Model 3D dengan spesifikasi ILoD1 pada GKB B Lantai 3



Gambar 6 Model 3D dengan spesifikasi ILoD1 pada GKB C Lantai 1



Gambar 7 Model 3D dengan spesifikasi ILoD1 pada Dekanat Lama Utama Lantai 2



Gambar 8 Model 3D dengan spesifikasi OLoD3 pada GKB B



Gambar 9 Model 3D dengan spesifikasi OLoD3 pada GKB C,D dan E



Gambar 10 Model 3D dengan spesifikasi OLoD3 pada Dekanat Lama



Gambar 11 Model 3D dengan spesifikasi OLoD3 secara keseluruhan

Model 3D yang telah dibangun baik luar ataupun dalam dapat divisualisasikan dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi OLoD3 dan ILoD1 dalam metode FLoD's.

IV.2 Hasil Uji Geometri

Uji geometri yang telah dilakukan dengan metode perhitungan RMSE dengan membandingkan model 3D dengan nilai sebenarnya. Hasil perhitungan RMSE dapat dilihat pada **tabel 3**.

Tabel 2 RMSE hasil validasi data ukuran dengan data model

No.	Nama Bangunan	D validasi (m)	D model (m)
1	B302	14.2	14.26
2	B302	8.878	8.858
3	R. Dosen Luar	8.951	8.952
4	R. Dosen Luar	4.14	4.143
5	R. Dosen Dalam	2.115	2.119
6	R. Dosen Dalam	2.848	2.849
7	C103	5.749	5.75
8	C103	8.895	8.893
9	Lab Komputer dan SIG	7.187	7.195
10	Lab Komputer dan SIG	5.058	5.067
11	TU	2.217	2.218
12	TU	0.264	0.265
13	TU	4.565	4.557
14	R. Bu Pranti	2.463	2.479
15	R. Bu Pranti	2.14	2.151
16	Selasar DKTML	3.082	3.072
17	Kelas DKTLM	6.06	6.048
18	Kelas DKTLM	2.695	2.692
20	C101	8.533	8.535
21	GKB B Luar	43.58	43.59
22	GKB B Luar	11.751	11.758
23	GKB C Luar	14.61	14.578
24	GKB C Luar	0.553	0.582
25	B301	0.249	0.2463
26	B301	0.553	0.556
28	R. Sidang 1	4.62	4.616
29	R. Sidang 1	4.73	4.748
30	R. Server	1.889	1.9
<i>RMSE</i>			0.016187742

Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil validasi data ukuran dengan data model 3D memiliki RMSE sebesar 0.016 m. Hasil validasi ini menunjukkan bahwa model 3D yang telah terbangun sudah sesuai dengan bentuk ruangan sebenarnya.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Model 3D yang telah dibangun baik luar ataupun dalam dapat divisualisasikan dengan baik dan sesuai metode FLoD dengan spesifikasi OLoD3 dan ILoD1.
2. telah dilakukan uji geometri berupa pengukuran pada panjang dimensi pada ruangan sehingga diperoleh hasil nilai RMSE sebesar **0.016** m. RMSE yang diperoleh menunjukkan bahwa model 3D yang telah dibuat memiliki ketelitian ± 0.016 m dengan uji sampel sebanyak 30 sampel dan model 3D tersebut berbentuk sesuai dengan model asli

V.2 Saran

Hasil penelitian ini ditemukan beberapa saran yang dapat dijadikan masukan untuk penelitian selanjutnya. Berikut adalah beberapa saran yang dapat disampaikan.

1. Sesuaikan metode FLoD's yang akan digunakan dengan alat yang digunakan dalam pengambilan data.
2. Pastikan perangkat keras komputer yang digunakan dalam penelitian memenuhi syarat sistem dalam mengolah model 3D.
3. Pengembangan penelitian ini berupa pembuatan sistem informasi 3D Kampus berbasis WebGIS .

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. A. A., dkk. 2018. *Constructing and Modelling 3D GIS Model in City Engine for Traditional Malay City*. Malaysia: Department Of Urban And Regional Planning, Kuliyyah of Architecture and Environmental Design, International Islamic University Malaysia. DOI: 10.1007/978-981-10-8471-3_28.
- Abdul-Rahman, Alias., dkk. 2008. *Spatial Modelling for 3D GIS*. New York: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-540-74166-4.
- Gesquière, G., dkk. 2013. *3D Visualization of urban data based on CityGML with WebGL*. Perancis: Aix Marseille University. doi: 10.4018/978-1-4666-3994-2.ch070.
- Held, Georg., dkk. 2006. *Web 3D GIS for Urban Environments*. Malaysia: Universiti Teknologi Malaysia.
- Hutagalung, Alvatar P., dkk. 2017. *Analisis Ketelitian Data Pemodelan 3 Dimensi Dengan Metode Traverse Dan Metode Cloud To Cloud Menggunakan Terrestrial Laser Scanner*. Semarang: Jurnal Geodesi UNDIP. Volume 6, Nomor 4, Tahun 2016, (ISSN : 2337 – 845X).
- Kustarto, D. W. Hendro., Hartanto, J. Andy., 2012. *Ilmu Ukur tanah Metode Dan Aplikasi Bagian Kedua*. Malang: DIOMA (Anggota IKAPI). Cetakan I. ISBN 10 :979-26-0064-7.
- Li, Z., dkk. 2010. *The Study On The Technique Of The 3d Gis Modeling Based On The Digital Photogrammetry*. China: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Hal 699 .
- OGC (Open Geospatial Consortium). 2008. *City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standart (Version 1.0)*. <http://www.opengeospatial.org/standards/citygml>. diakses pada 21 mei 2020).
- OGC (Open Geospatial Consortium). 2012. *City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standart (Version 2.0)*. <http://www.opengeospatial.org/standards/citygml>. diakses pada 21 mei 2020).
- Pradana, M. G., dkk. 2019. *Pembuatan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (Sig) Kereta Bandara Internasional Soekarno-Hatta Berbasis Android*. Semarang: Jurnal Geodesi UNDIP. Volume [9], Nomor [1], Tahun 2020, (ISSN : 2337-845X). 247.
- Prahasta, Eddy. 2009. *Sistem Informasi Geografis Konsep-Konsep Dasar*. Bandung: Informatika Bandung
- Priambodo, Imam. 2012. *Kajian Pemodelan Bangunan Untuk 3D Building Google Earth*. Tugas Akhir. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Tang, L., dkk. 2018. *A Full Level-of-Detail Specification for 3D Building Models Combining Indoor and Outdoor Scene*. China: School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University. doi:10.3390/ijgi7110419.