

# Visualisasi Kampus Politeknik Negeri Batam berbasis *Web* menggunakan Perangkat Lunak Sumber Terbuka WebODM

(*Web-Based Visualization Of Politeknik Negeri Batam Campus Using WebODM the Open Source Software*)

**Muhammad Marshall Al Karim<sup>1\*</sup> dan Farouki Dinda Rassarandi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Geomatika, Politeknik Negeri Batam

<sup>2</sup>Dosen Teknik Geomatika, Politeknik Negeri Batam

Batam Centre, Jl. Ahmad Yani, Tlk. Tering, Kec. Batam Kota, Kota Batam, Kepulauan Riau 29461

E-mail: marshallalkarim@protonmail.com

## ABSTRAK

WebODM merupakan *software* yang *open-source* yang diluncurkan padatahun 2016, peneliti ingin mengkaji *software* tersebut di Politeknik Negeri Batam sebagai lokasi kajian untuk uji coba *software* tersebut. Akuisisi data dilakukan dengan survei GNSS, Fotogrammetri dan pengukuran menggunakan *total station* dengan fungsi MLM dan REM. Metode yang digunakan untuk mengkaji *software* tersebut melalui pengujian ketelitian geometri perka BIG tahun 2014 nomor 15 sebagai uji akurasi citra orthofoto (*circular error 90%*) dan DSM (*linear error 90%*). Di sisi lain, melihat kesesuaian LOD level 2 berdasarkan standar cityGML (2012) sebagai uji validasi permodelan 3 dimensi hasil pemrosesan WebODM dengan data lapangan menggunakan hasil pengukuran lapangan menggunakan *total station*, dengan syarat perbedaan harus kurang dari dua meter dari segala sisi. Peneliti berhasil mengakuisisi 9 titik BM (5 GCP dan 4 GCP), 219 foto hasil pemotretan udara dan 10 gedung dijadikan sampel untuk LOD. Berdasarkan hasil pemrosesan, hasil ketelitian geometri perka BIG CE/LE90 masuk ke dalam peta 1:1000 kelas 1, namun satu data tidak sesuai syarat LOD level 2, yaitu gedung/*tower A* dalam sisi lebar dengan perbedaan sebesar 2,9 meter.

**Kata kunci:** WebODM, Uji ketelitian Geometri, Perka BIG 2014, LOD level 2

## ABSTRACT

WebODM is an open-source software that was launched in 2016, researchers want to study the software at the Batam State Polytechnic as a study location for testing the software. Data acquisition was carried out by GNSS survey, photogrammetry and measurements using a total station with MLM and REM functions. The method used to examine the software is through testing the geometric accuracy of the 2014 BIG sheet number 15 as a test of orthophoto image accuracy (*circular error 90%*) and DSM (*linear error 90%*). On the other hand, looking at the suitability of LOD level 2 based on the cityGML (2012) standard as a validation of the 3-dimensional model of the WebODM test with field data using the results of field measurements using a total station, with the condition that the difference must be less than two meters from all sides. Researchers succeeded in acquiring 9 BM points (5 GCP and 4 GCP), 219 aerial photographs and 10 buildings as samples for LOD. Based on the results, the results of the geometric accuracy of the BIG CE/LE90 sheet are included in the 1:1000 class 1 map, but one data does not meet the LOD level 2 requirements, namely building/*tower A* in width with a difference of 2.9 meters.

**Keywords:** WebODM, Geometry Accuracy Test, LOD level 2

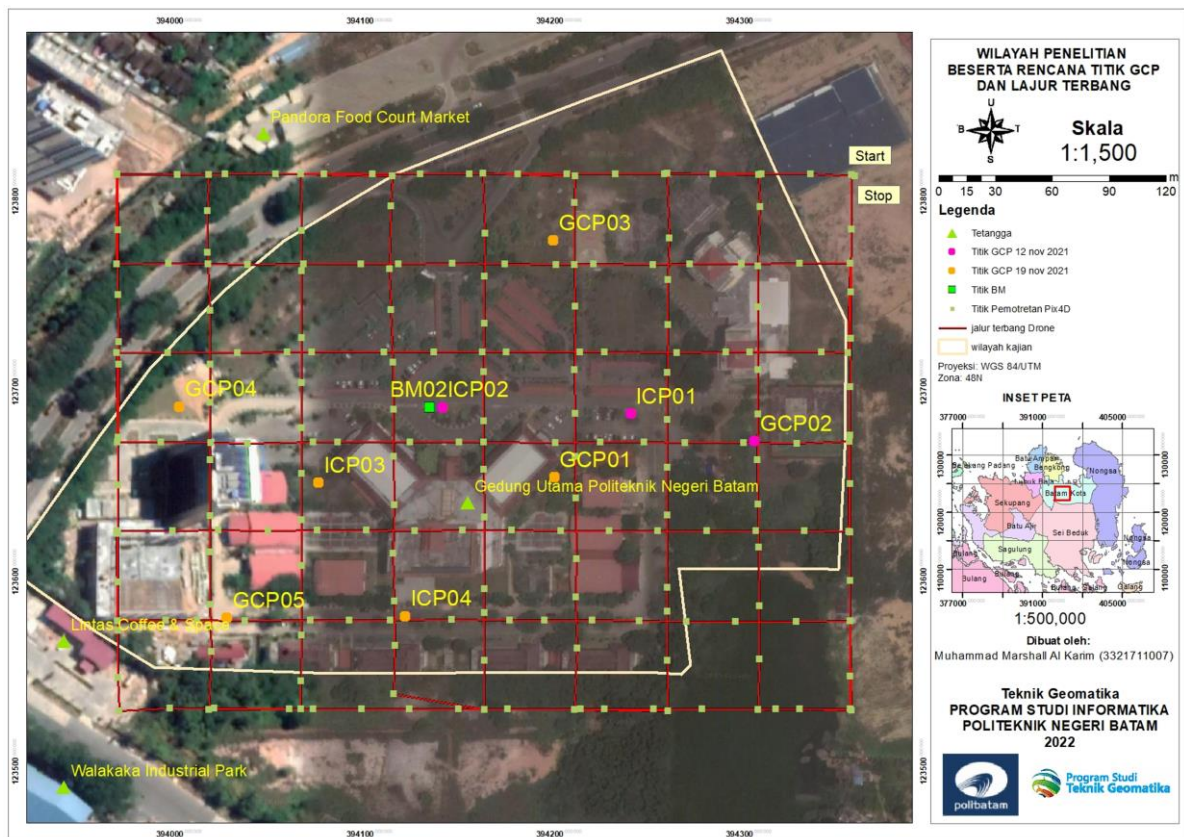
## PENDAHULUAN

WebODM merupakan salah satu *software* pengolahan fotogrammetri, akan tetapi perangkat lunak ini berstatus *open source* atau sumber terbuka (github, 2019). Peneliti mencoba melakukan pemrosesan hasil survei fotogrammetri dan survei GNSS melalui teknologi yang baru ini yang telah di rilis di tahun 2016 silang, dikarenakan selain gratis, *software* ini bisa memvisualisasikan citra orthofoto, DSM maupun 3D model di *Web Browser* (Opendronemap, 2019) di dalam buku resmi OpenDroneMap yang ditulis oleh Piero Toffanin pada tahun 2019 silam. Peneliti mengambil data lapangan di Politeknik Negeri Batam dan sekitarnya dengan cara mengakuisisi data dengan cara survei fotogrammetri menggunakan *Drone* beserta survei GNSS dengan alat GPS Geodetik. Diikuti dengan survei

menggunakan *Total Station* menggunakan fitur MLM (*Missing Line Measurement*) dan REM (*Remote Elevation Measurement*). Survei lapangan yang akan dilakukan tentu menggunakan metode fotogrammetri dengan menggunakan metode CRP (*Close-Range Photogrammetry*), menurut Adam L.P (2001), CRP atau Fotogrammetri Rentan Dekat harus kurang dari 300m dari permukaan awal. Diikuti dengan survei GNSS yang menurut abidin merupakan sebuah alat atau suatu sistem navigasi dan penentuan posisi yang memanfaatkan satelit dan dapat digunakan untuk menginformasikan penggunaanya dimana dia berada (secara global) di permukaan bumi yang berbasis satelit. Peneliti mengikuti prosedur berdasarkan Standar Nasional Indonesia yang di keluarkan pada tahun 2002 dalam metode survei GCP ordo 3 dengan melakukan mode pengamatan jaring. Setelah melakukan survei fotogrammetri dan GPS, peneliti lalu mengolah dan menentukan bangunan yang akan diuji sebagai sampel (mengukur panjang, lebar dan tinggi) menggunakan alat *Total Station* dengan fitur REM maupun MLM sebagai uji banding keakurasian citra data permodelan 3 dimensi. Peneliti pun menggunakan metode *simple random sampling* sebagai dasar pengambilan sampel. Setelah melakukan survei lapangan, peneliti akan melakukan pengolahan data, lalu memproseskan hasil data itu di WebODM untuk di visualiasikan di web browser, hasil yang di tampilkan adalah data Orthofoto, DSM dan 3D model. Untuk metodologi dan analisis penelitian ini mengacu pada Peraturan kepala Badan Informasi Geospasial nomor 15 pada tahun 2014 dalam metode perhitungan untuk menentukan geometri peta RBI dan Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar untuk menentukan skala peta hasil pemrosesan orthofoto berdasarkan perhitungan *Circular Error 90* dan *Linear Error 90*. Perhitungan *Circular Error 90* menggunakan citra Orthofoto dan *Linear Error 90* menggunakan citra DSM (*Digital Surface Model*). Hasil permodelan 3D pun diuji keakurasian data model dengan data lapangan hasil survei menggunakan *Total Station* menggunakan fitur REM dan MLM serta uji validasi yang juga merujuk kepada standar OGC tahun 2012 dalam LOD level 2.

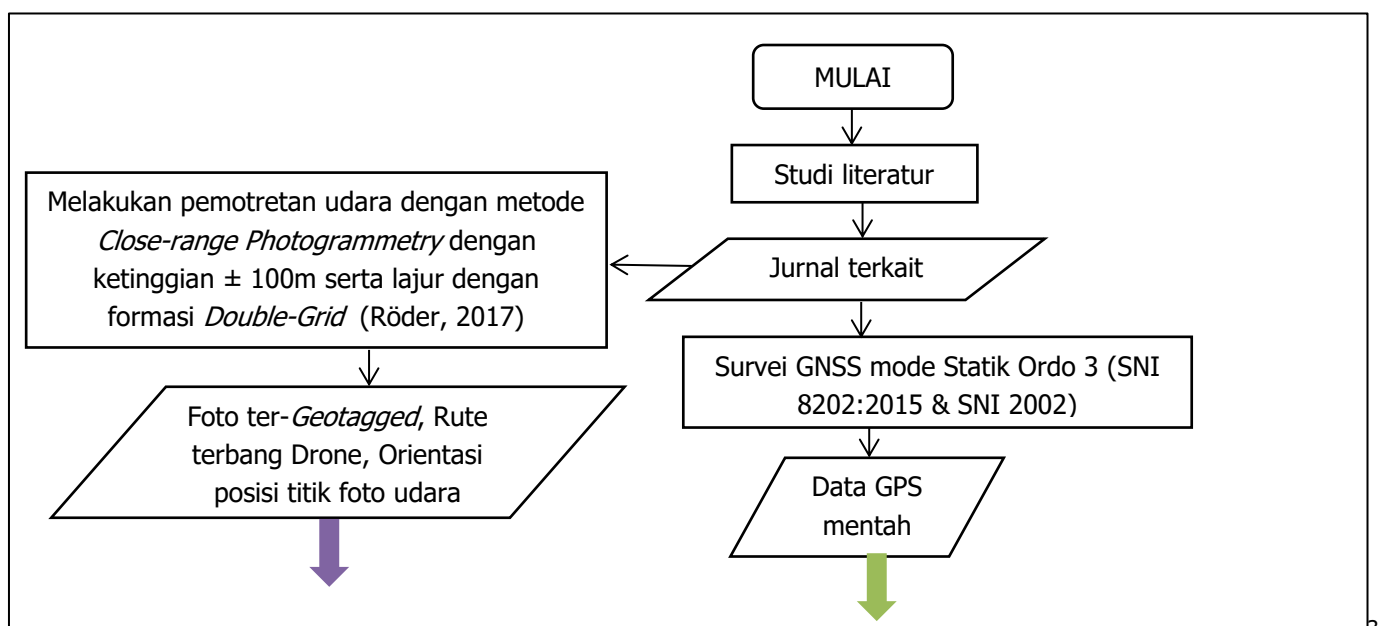
## METODE

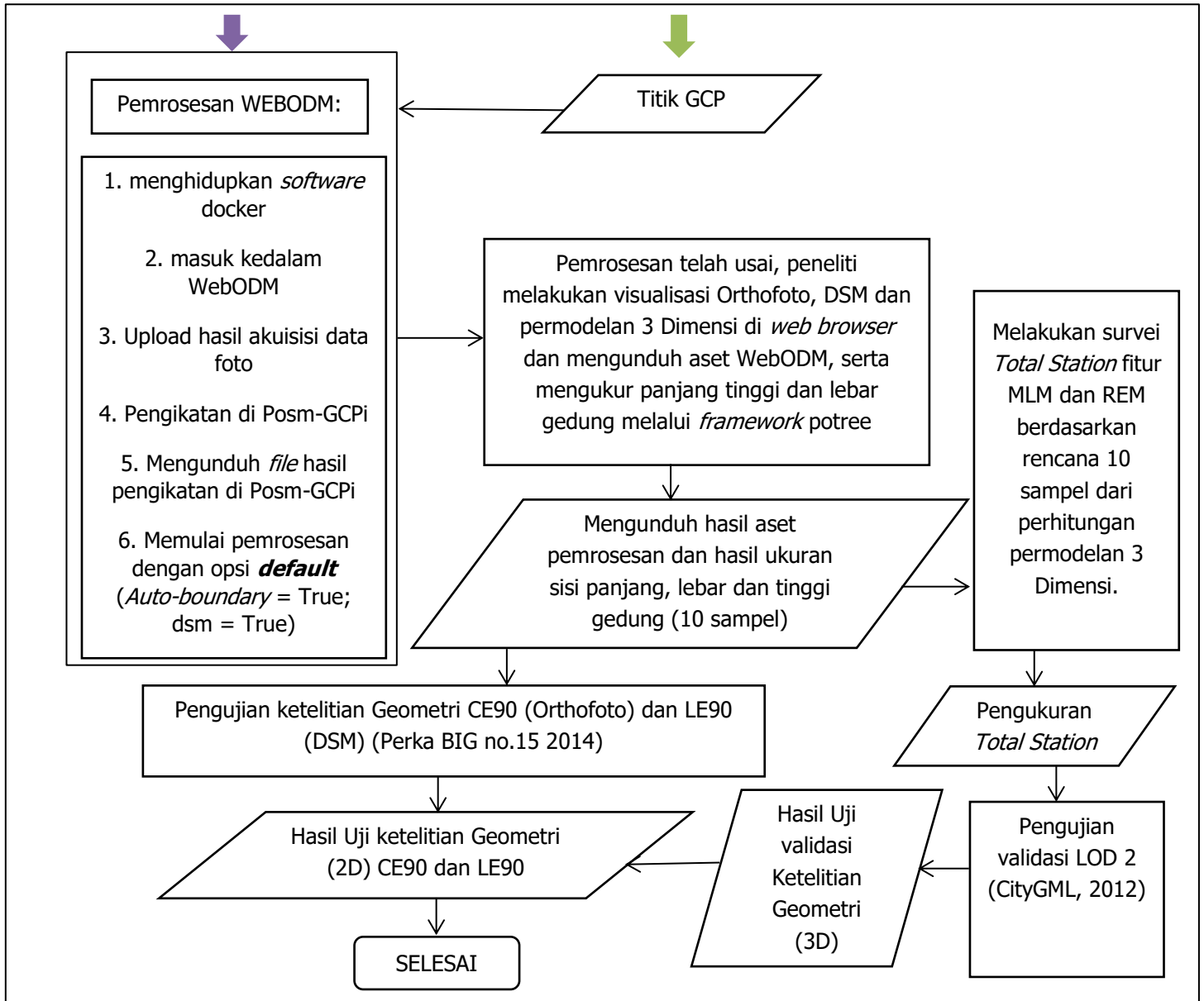
### Wilayah Penelitian



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian Survei GNSS dan Fotogrammetri

Peneliti memulai dengan melakukan survei GNSS yang dilakukan dalam penelitian ini mengacu kepada Standar Nasional Indonesia yang dikeluarkan pada tahun 2002 dengan pengamatan statik orde jaringan 3 serta mode pengamatan Jaring. Variabel nya adalah lama pengamatan per sesi minimum dilakukan dalam waktu 1 jam. Metode pangamatan yaitu survei GPS dengan jumlah satelit minimum sebanyak 4 buah. Jarak maksimal *base-to-base* adalah 2 kilometer. Persebaran titik pengikatan serta jumlah GCP (*Ground Control Point*) dan ICP (*Independent Check Point*) mengikuti kaidah SNI 2002 juga. berdasarkan Badan Standar Nasional, terdapat sejumlah syarat yang peneliti rangkum diantaranya: (1) memiliki ruang pandang langit bebas segala arah diatas elevasi 15°, (2) jauh dari obyek atau benda yang reflektif yang mudah memantulkan sinyal GPS dan objek yang dapat menimbulkan interferensi elektrik terhadap penerimaan sinyal GPS, (3) Kondisi/struktur tanah yang stabil dan mudah di capai, (4) direkomendasikan alat berdiri di/dekat tanah milik negara, (5) diberdirikan di pilar/monumen yang aman (tanpa ada obstruksi), (6) memperhatikan rencana pengguna lokasi di masa yang akan mendatang serta (7) titik yang akan disurvei harus diikat ke titik yang sudah diketahui (koordinat, keperluan perhitungan, pendefinisian datum, penjagaan konsistensi dan homogenitas dari datum dan ketelitian titik-titik dalam jaringan). Jumlah titik GPS berdasarkan panduan SNI 2002, disesuaikan dengan keperluan serta tujuan dari pelaksanaan survei GPS yang bersangkutan. Survei GNSS terbagi di dua waktu yaitu tanggal 12 dan tanggal 19 november tahun 2021. Pada tanggal 12 peneliti berhasil mengakuisisi sebanyak 3 titik GCP, sedangkan tanggal 19 peneliti berhasil mengakuisisi 6 titik GCP. Selanjutnya, yaitu survei fotogrammetri. Sebelumnya peneliti merencanakan jalur penerbangan digunakan untuk perencanaan penerbangan *drone* sesuai lokasi penelitian bedasarkan garis berupa KML/KMZ yang telah ditentukan oleh peneliti menggunakan aplikasi Mission Planner "Pix4d". Peneliti membuat lajur terbang berupa *grid* bertujuan untuk membuat 3d model secara detil berdasarkan fitur yang dijelaskan Pix4Dcapture. Nilai *Overlap* sebesar 80%-70% dengan *Camera Angle* senilai 70°. Tinggi terbang setinggi  $\pm 100$  m (dengan mengikuti metode *Close-Range Photogrammetry*, tinggi terbang <300 m menurut Adam, 2001) dengan lama terbang selama 15 menit dan 14 detik. Tipe lajur *flight path* menggunakan *double Grid* dan memiliki nilai *Ground Sampling Distance* sebesar 4.66cm/px. Peneliti menggunakan tipe *double grid* dikarenakan *overlap* yang tinggi (Pix4D, 2017), didukung pendapat haala Dkk (2013) dalam Röder (2017) yang menyatakan semakin tinggi nilai overlap semakin tajam akurasi 3D *point cloud*. *Drone* yang digunakan adalah DJI *Phantom* 4. Penerbangan *drone* dilakukan pada tanggal 26 desember 2021 (Sumber: Dok Pribadi; Aplikasi Pix4Dcapture, 2021). Hasil yang didapatkan dari survei fotogrammetri berupa data foto udara beserta kml dan orientasi posisi foto yang terpotret. Hasil KML/KMZ dan orientasi posisi foto yang terpotret sudah ada di **Gambar 1**. Total foto berhasil dijepret sebanyak 218 foto. Yang terakhir, peneliti melakukan survei lapangan menggunakan total station dengan mengukur dimensi gedung yang terpilih sebanyak 10 buah gedung dengan fitur MLM (mengukur panjang dan lebar) dan REM (mengukur tinggi), dengan catatan peneliti sudah melakukan pemrosesan citra orthofoto dan 3d model dari WebODM.





**Gambar 2.** Diagram Alir penelitian

## Teknik Pengolahan Data (WebODM)

Teknik Pengolahan yang digunakan dalam pembuatan citra berupa Orthofoto, model 3D dan DSM di WebODM yaitu dimulai dengan Proses dimulai dengan melakukan *Resize*, lalu diikuti dengan SfM, MVS, *Meshing*, *Texturing*, *Georeferencing*, pembuatan DSM dan yang terakhir merupakan orthofoto (Pierro Toffanin, 2020). Tetapi sebelum itu peneliti melakukan *post-processing* data survei GNSS agar koordinat yang *fixed* digunakan untuk pengolahan WebODM. Dalam pemrosesan WebODM, terdapat beberapa tahapan pemrosesan yaitu : *Structure-from-Motion* (berbasis *opensfm*), *Multi-View-Stereo* (berbasis MVE dari TU Darmstadt), *Meshing* (*Poisson surface reconstruction* dari Kazhdan Dkk), *Texturing* (*MVStexturing* dari TU Darmstadt), *Georeferencing*, pembentukan DSM dan Orthofoto (*developer* WebODM) (OpenDroneMap, 2019). Peneliti memasukkan sekitar 218 foto udara dan hasil pengikatan posm-gcpi sebagai data untuk melakukan pemrosesan. Lalu jika pemrosesan telah usai peneliti melakukan visualisasi ketiga model tersebut.

## Teknik Analisis Data

### Peraturan Kepala BIG 2014 nomor 15

Terdapat dua jenis analisis data yang telah diungkapkan sebelumnya, yaitu Peraturan kepala Badan Informasi Geospasial nomor 15 pada tahun 2014 sebagai uji akurasi berikut:

**Tabel 1.** Ketelitian Geometri kepala BIG no. 15 tahun 2014

NO	Skala	Interval Kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			CE90 (m)	LE90 (m)	CE90 (m)	LE90 (m)	CE90 (m)	LE90 (m)
1	1:1.000.000	400	200	200	300	300	500	500
2	1:500.000	200	100	100	150	150	250	250
3	1:250.000	100	50	50	75	75	125	125
4	1:100.000	40	20	20	30	30	50	50
5	1:50.000	20	10	10	15	15	25	25
6	1:25.000	10	5	5	7,5	7,5	12,5	12,5
7	1:10.000	4	2	2	3	3	5	5
8	1:5.000	2	1	1	1,5	1,5	2,5	2,5
9	1:2.500	1	0,5	0,5	0,75	0,75	1,25	1,25
10	1:1.000	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5

Tabel diatas digunakan sebagai rujukan untuk menentukan nilai skala yang pantas suatu citra orthofoto dan DEM (dalam kasus ini peneliti menggunakan DSM). Untuk menentukan skala yang pantas tentu peneliti harus mengetahui nilai CE (*Circular Error*) maupun LE (*Linear Error*) dengan tingkat kepercayaan sebesar 90%. Rumus untuk mencari nilai tersebut sebagai berikut:

$$RMSE_{Horizontal} = \sqrt{D^2/n} \quad (1)$$

$$D^2 \text{ adalah } \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2} = \sqrt{(x_{data} - x_{cek})^2 + (y_{data} - y_{cek})^2} \quad (2)$$

$$RMSE_{Vertikal} = \sqrt{\frac{(z_{data} - z_{cek})^2}{n}} \quad (3)$$

Huruf n adalah total pengecekan pada peta, sedangkan D merupakan selisih antara koordinat yang diukur di lapangan dengan koordinat di peta, x nilai koordinat pada sumbu X begitu juga y adalah nilai koordinat pada sumbu Y dan z merupakan nilai koordinat pada sumbu Z. Dengan nilai CE90 dan LE90 kemudian peneliti menghitung berdasarkan rumus:

$$CE90 = 1,5175 + RMSE_{Horizontal} \quad (4)$$

$$LE90 = 1,6499 + RMSE_{Vertikal} \quad (5)$$

Lalu jika sudah terkalkulasi maka peneliti menguji kedua ketelitian tersebut dan mencari Validasi Peta yang sesuai kelasnya berdasarkan **Tabel 1**. Setelah melakukan uji akurasi citra orthofoto dan DSM, peneliti juga melakukan uji validasi berdasarkan standar LOD yang diterbitkan melalui CityGML dalam *Open Geospatial Consortium* pada tahun 2012. Berikut standar yang dikeluarkan OGC tahun 2012:

### Level of Details dari cityGML

Berikut peraturan uji detil yang dikeluarkan cityGML pada tahun 2012:



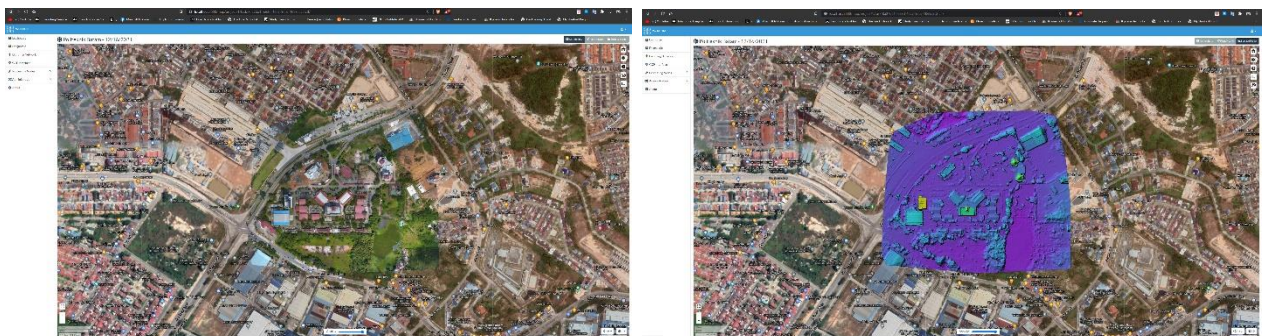
**Tabel 2.** Standar LOD menurut OGC (2012)

Aspek	LOD 0	LOD 1	LOD 2	LOD 3	LOD 4
Skala Model	Regional, Bentang Alam	kota, regional	Distrik dalam kota	Model arsitektur (eksterior), <i>landmark</i>	Model arsitektur (termasuk interior)
kelas akurasi	Terendah	rendah	menengah	Tinggi	Sangat Tinggi
Akurasi posisi dan tinggi	< LOD 1	5 Meter	2 Meter	0.5 Meter	0.2 Meter

Peneliti memeriksa tingkat akurasi LOD dalam selisih sisi bangunan lapangan dan model harus dibawah 2 meter. Peneliti mengacu pada LOD level 2. LOD atau *Level Of Detail*, yaitu konsep dalam pemodelan 3 dimensi yang digunakan untuk menunjukkan bagaimana data 3D yang harus disurvei dan berapa banyak detail yang harus dimodelkan (OGC, 2012). Peneliti memeriksa apakah tiap sisi panjang, lebar maupun tinggi masuk dalam standar yang ditetapkan LOD level 2 OGC.

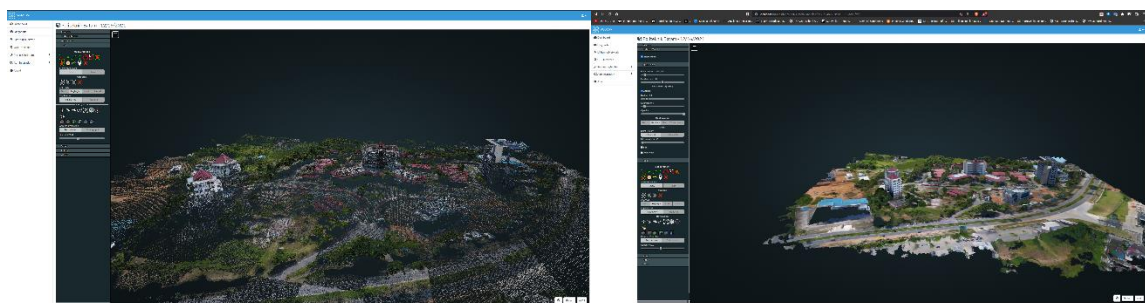
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Visualisasi



**Gambar 3.** Visualisasi Orthofoto Politeknik Negeri Batam (kiri) dan Visualisasi DSM Politeknik Negeri Batam (kanan)

Visualisasi WebODM menggunakan *basemap layer* Google Maps hybrid dan di *overlay* dengan hasil pemrosesan (dok WebODM, 2019). Citra orthofoto diatas ini merupakan gambar dengan format *Tile Map Service* yaitu format yang menyediakan akses ke peta kartografi dan data referensi geografis (OsGeo, 2012). Hasil DSM pun menggunakan bantuan *Tile Map Service* dan juga menggunakan *basemap layer* Google Maps hybrid.



**Gambar 4.** Visualisasi *point cloud* (kiri) dan *textured model* (kanan)

Visualisasi permodelan 3 dimensi di WebODM menggunakan bantuan teknologi perangkat lunak sumber terbuka potree yang sudah disebutkan. Potree, perender berbasis web untuk *point cloud* dalam jumlah besar. Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk melihat kumpulan data dengan miliaran titik (*vertices*), dari hasil seperti *LiDAR* atau fotogrametri, secara *real time* di browser web umum (Schuetz, 2016). Ada hal yang masih disayangkan yaitu citra yang berlubang dan WebODM gagal menambal citra yang cacat tersebut.

### Hasil Pengujian ketelitian Geometri berdasarkan nilai CE90 dan LE90 menurut Perka BIG no.15 tahun 2014

**Tabel 3.** Tabel perhitungan *Circular error* (Orthofoto)

No	Nama Titik	X Peta	X lapangan	Y peta	Y lapangan	$dx^2 + dy^2$
1	BM02	394131.581	394131.741	123686.589	123686.608	0.025851196
2	GCP02	394302.841	394302.906	123668.742	123668.827	0.011315141
3	ICP01	394237.758	394237.764	123683.108	123683.231	0.015059485
4	ICP02	394138.690	394138.59	123686.589	123686.519	0.014783215
5	GCP01	394197.405	394197.405	123649.638	123649.732	0.008765708
6	GCP03	394196.960	394196.988	123774.338	123774.487	0.023081611
7	GCP04	394000.082	394000.063	123687.033	123686.96	0.00567342
8	GCP05	394025.182	394025.219	123575.813	123575.748	0.005540489
9	ICP03	394073.384	394073.397	123646.898	123646.857	0.001863886
10	ICP04	394118.921	394118.93	123576.627	123576.599	0.000878322
Jumlah						0.112812474
Rata-rata						0.011281247
RMSE						0.106213216
<b>CE90</b>						0.161178556

Berdasarkan ketelitian geometri perka BIG no.15 tahun 2014, nilai *circular error* dengan tingkat kepercayaan 90 persen adalah sebesar 0.161.

**Tabel 4.** Tabel perhitungan *Linear error* (DSM)

Z di peta	Z di pengukuran	$dz^2$
39.39648058	39.27029	0.015924
37.25999832	37.21253	0.002253
38.75022776	38.82829	0.006094
39.08273705	39.24067	0.024943
39.04999924	39.02758	0.000503
38.52021398	38.52859	0.000070
38.84160559	38.69544	0.021364
38.84552576	38.77278	0.005292
39.05975536	39.08087	0.000446
38.46528165	38.56086	0.009135
Jumlah		0.086023988
rata-rata		0.008602399
RMSE		0.092749118
<b>LE90</b>		0.152563024

Begitu pula dengan *linear error* dengan kepercayaan 90 persen pula, hasil nya berupa 0.152. Dari kedua data tersebut, peneliti menyimpulkan berdasarkan kedua nilai dari tabel tersebut masuk kedalam nilai skala peta sebesar 1:1000 kelas 1 berdasarkan tabel yang telah ditampilkan.

## Uji akurasi data permodelan hasil pemrosesan 3D WebODM dengan validasi *Level-of-Detail* 2

Hasil yang didapatkan dari hasil pengukuran model dalam potree berdasarkan pengukuran berbasis *point cloud*. Potree adalah perender *point cloud* berbasis WebGL *open-source* gratis untuk *point cloud* besar (Github, 2020). Dan fitur ini tersedia di WebODM. Peneliti sudah mendapatkan lapangan maupun pengukuran dari permodelan 3d di Potree, peneliti melakukan uji akurasi untuk mengetahui seberapa akurat data tersebut.

**Tabel 5.** Hasil pengukuran gedung dan model

No	Nama Gedung	Dimensi Gedung			Model		
		Panjang (m)	Tinggi (m)	Lebar (m)	Panjang (m)	Tinggi (m)	Lebar (m)
1	TF	21.114	32.306	54.829	20.87	33.43	55.41
2	Mess B	11.054	7.416	25.605	9.55	7.38	25.59
3	Mess C	11.08	7.229	25.498	10.12	7.21	25.13
4	Hanggar	44.421	18.69	33.351	43.44	18.56	32.12
5	Gedung ME	14.03	5.164	18.013	13.55	4.74	17.87
6	Lab Metalurgi	19.383	7.813	16.772	19.52	7.04	15.07
7	Lab BP Batam	25.851	5.331	16.921	24.06	5.37	15.94
8	Workshop Mesin	18.366	7.67	20.165	17.76	7.47	19.83
9	Gedung A	42.697	50.918	24.153	40.73	51.59	21.2
10	GU	64.521	33.344	80.723	63.92	34.29	80.33

**Tabel 6.** hasil selisih berdasarkan peraturan LOD level 2

No	Nama Gedung	Selisih			LOD 2 < 2 meter		
		Panjang (m)	Tinggi (m)	Lebar (m)	Panjang (m)	Tinggi (m)	Lebar (m)
1	TF	0.244	1.124	0.581	masuk	masuk	masuk
2	Mess B	1.504	0.036	0.015	masuk	masuk	masuk
3	Mess C	0.96	0.019	0.368	masuk	masuk	masuk
4	Hanggar	0.981	0.13	1.231	masuk	masuk	masuk
5	Gedung ME	0.48	0.424	0.143	masuk	masuk	masuk
6	Lab Metalurgi	0.137	0.773	1.702	masuk	masuk	masuk
7	Lab BP Batam	1.791	0.039	0.981	masuk	masuk	masuk
8	Workshop Mesin	0.606	0.2	0.335	masuk	masuk	masuk
9	Gedung/ Tower A	1.967	0.672	2.953	masuk	masuk	tidak
10	GU	0.601	0.946	0.393	masuk	masuk	masuk



Dari hasil tabel, mayoritas data masuk kriteria LOD level 2 kecuali gedung (*Tower*) A kedalam lebar, hal ini dikarenakan kesalahan resolusi kamera maupun variasi tinggi yang besar sehingga menyebabkan identifikasi *tie point* dan pembentukan geometri yang kurang sesuai (Gularso, 2013).

## KESIMPULAN

Visualisasi telah dilakukan di *web browser*, hasil pemrosesan WebODM masuk kepada nilai peta RBI 1:1000 kelas 1 berkat nilai *Circular Error* 90 sebesar 0.161179 dan *Linear Error 90* sebesar 0.152563 dan hasil uji validasi standar OGC 2012 dalam LOD 2, hampir semua masuk kriteria kecuali gedung A dalam sisi lebarnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT, keluarga teman dan dosen yang saya cintai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adams L.P. (2001). *Fourcade: the Centenary of a Stereoscopic Method of Photographic Surveying*.
- Perka BIG. (2014). Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.
- Dokumentasi WebODM. (2020). <https://www.opendronemap.org/docs/>. [16 oktober 2019]
- Github WebODM. (2016). [//github.com/OpenDroneMap/](https://github.com/OpenDroneMap/). [16 oktober 2020]
- Gularso, H. (2013). Tinjauan Pemotretan Udara Format Kecil Menggunakan Pesawat Model Skywalker 1680 : Jurnal Geodesi Undip.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). (2002). Standar Nasional No. 19-6724-200 Tahun 2002 tentang Jaring Kontrol Horizontal. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Marius Dkk. (2017). *Best practice tutorial: Technical handling of the UAV "DJI Phantom 3 Professional" and processing of the acquired data*.
- OGC (Open Geospatial Consortium). (2012). *Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard*. Retrieved from [https://portal.ogc.org/files/?artifact\\_id=47842](https://portal.ogc.org/files/?artifact_id=47842) [17 desember 2021]
- OsGeo. (2012). <https://www.osgeo.org/about/> [18 desember 2021]
- Tofanin, Pierro. (2019). *OpenDroneMap the Missing Guide* (1st ed.).
- Schuetz. (2016). *Potree: Rendering Large Point Clouds in Web Browsers*.
- Sugiyono. (2001). Metode Penilaian. Bandung: Alfabeta.