

## Pengaplikasian Pemodelan 3D Untuk Melihat Level Of Detail Pada Pengaplikasian Building Information Model (BIM) (Studi Kasus : Gedung Technopreneur Politeknik Negeri Batam)

*Application of 3D Modeling to View Level of Detail in the Application of Building Information Model (BIM)  
(Case Study: Technopreneur Building of Batam State Polytechnic)*

Muhammad Islam Alfithrah<sup>1</sup>, Luthfiya Ratna Sari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Geomatika, Jurusan Teknik Informatika, Politeknik Negeri Batam, Indonesia

\*Korespondensi penulis: [Islamalfithrah25@gmail.com](mailto:Islamalfithrah25@gmail.com)

Diterima: DDMMYYYY; Diperbaiki: DDMMYYYY; Disetujui: DDMMYYYY; Dipublikasi: DDMMYYYY

**Abstrak:** Perkembangan pesat teknologi survei pemetaan kini didominasi oleh kehadiran Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau drone. Pesawat tanpa awak ini menawarkan solusi efisien dan menjanjikan, tidak hanya untuk pemetaan daerah irigasi dan perkotaan, tetapi juga untuk penyajian model 3D yang mempermudah perhitungan volume material serta pemetaan berskala besar. Pemotretan foto udara menggunakan drone menghasilkan ortofoto yang akurat, meskipun proses ekstraksi informasi, khususnya untuk objek bangunan dan non-bangunan, masih banyak mengandalkan interpretasi visual melalui orientasi lapangan dan digitasi *on-screen*. Pemodelan 3D sangat bermanfaat untuk dokumentasi, inventarisasi, dan analisis objek. Meskipun laser scanner adalah metode teruji, biayanya yang mahal, terutama untuk objek kecil, mendorong pencarian alternatif yang lebih hemat biaya namun tetap mempertahankan akurasi. Dalam konteks ini, Building Information Modelling (BIM) hadir sebagai proses komprehensif yang dimulai dengan penciptaan model 3D digital bangunan virtual. Model ini tidak hanya berisi informasi detail, tetapi juga berfungsi sebagai dasar perencanaan, perancangan, pelaksanaan, dan pemeliharaan bangunan serta infrastrukturnya bagi semua pihak terkait proyek. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan drone dalam pemodelan Gedung Technopreneur Politeknik Negeri Batam. Pemilihan gedung ini sebagai objek penelitian karena merupakan bangunan baru, belum pernah dimodelkan sebelumnya, dan meskipun ukurannya relatif kecil, aktivitas di dalamnya sangat tinggi. Tujuan proyek ini adalah menghasilkan pemodelan 3D Gedung Technopreneur dengan drone, mengukur keakuratannya dibandingkan kondisi eksisting, dan menjadikannya acuan untuk BIM. Sebagai kesimpulan, penggunaan drone dalam pemodelan 3D berpotensi mencapai Level of Detail (LoD) 5 sebagai representasi *as-built* dan mendukung pemeliharaan dalam BIM. Penerapan drone merevolusi cara kita mendokumentasikan, mengelola, dan memelihara aset bangunan konstruksi. Dengan kemampuannya menangkap data spasial secara detail, cepat, akurat, dan aman, drone dapat menghasilkan model 3D yang secara tepat merefleksikan kondisi aktual bangunan pasca-konstruksi (*as-built*). Ini menandai langkah maju signifikan dalam efisiensi dan keakuratan data spasial konstruksi.

**Abstract:** The rapid development of mapping survey technology is now dominated by the presence of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) or drones. These unmanned aircraft offer efficient and promising solutions, not only for mapping irrigated and urban areas, but also for presenting 3D models that facilitate material volume calculations and large-scale mapping. Aerial photography shooting using drones produces accurate orthophotos, although the information extraction process, especially for buildings and non-building objects, still relies heavily on visual interpretation through ground orientation and on-screen digitization. 3D modeling is very useful for object documentation, inventory and analysis. Although laser scanners are a proven method, their high cost, especially for small objects, encourages the search for more cost-effective alternatives that maintain accuracy. In this context, Building Information Modeling (BIM) presents itself as a comprehensive process that starts with the creation of a digital 3D model of a virtual building. This model not only contains detailed information, but also serves as the basis for planning, designing, implementing, and maintaining the building and its infrastructure for all parties involved in the project. This research aims to utilize drones in modeling the Technopreneur Building of Batam State Polytechnic. This building was chosen as the object of research because it is a new building, has never been modeled before, and despite its relatively small size, the activity inside is very high. The purpose of this project is to produce 3D modeling of the Technopreneur Building with drones, measure its accuracy compared to existing conditions, and make it a reference for BIM. In conclusion, the use of drones in 3D modeling has the potential to achieve Level of Detail (LoD) 5 as an *as-built* representation and support maintenance in BIM. The application of drones is revolutionizing the way we document, manage and maintain construction building assets. With their ability to capture spatial data in detail, quickly, accurately and safely, drones can produce 3D models that precisely reflect the actual post-construction (*as-built*) condition of buildings. This marks a significant step forward in the efficiency and accuracy of construction spatial data.

Kata kunci: 3D Model, UAV, BIM, LoD, Drone, BIM

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi survei pemetaan telah mengalami kemajuan pesat dalam satu dekade terakhir, terutama dengan hadirnya teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau drone. UAV telah menjadi alternatif populer dalam memperoleh data spasial dengan cepat, efisien, dan akurat. Teknologi ini memungkinkan pengambilan citra udara untuk berbagai keperluan, termasuk pemetaan wilayah irigasi, kawasan perkotaan, serta pembuatan model tiga dimensi (3D) yang sangat bermanfaat untuk analisis spasial dan perhitungan volume material. Salah satu metode pemodelan 3D yang telah teruji adalah laser *scanner*, namun penggunaannya masih terbatas karena biaya operasional yang tinggi, terutama jika objek yang dimodelkan relatif kecil. Oleh karena itu, pendekatan alternatif seperti pemanfaatan UAV menjadi solusi yang lebih ekonomis, dengan hasil yang masih berada dalam batas toleransi keakuratan.

Dalam konteks yang lebih luas, Building Information Modeling (BIM) kini menjadi standar baru dalam dunia konstruksi dan manajemen bangunan. BIM tidak hanya berfungsi sebagai representasi digital dari suatu bangunan, tetapi juga sebagai wadah informasi yang terintegrasi mulai dari tahap perencanaan, desain, konstruksi, hingga pemeliharaan bangunan. Untuk memenuhi kebutuhan BIM, data spasial yang presisi dan representatif dari kondisi aktual (*as-built*) sangat diperlukan.

Dalam praktiknya, proses pembuatan model 3D untuk mendukung BIM masih menghadapi sejumlah kendala. Salah satunya adalah bagaimana memperoleh data geospasial berkualitas tinggi yang sesuai dengan tingkat detail atau *Level of Detail* (LoD) yang diperlukan dalam BIM, tanpa harus mengeluarkan biaya besar. Penggunaan UAV menjadi opsi menarik, namun belum banyak penelitian yang secara spesifik mengkaji tingkat akurasi dan kesesuaian hasil model UAV terhadap kebutuhan LoD dalam BIM, terutama untuk bangunan berukuran kecil seperti Gedung Technopreneur Politeknik Negeri Batam. Beberapa penelitian sebelumnya telah mencoba mengintegrasikan UAV dengan BIM. Fajariyanto (2021) mengkaji pemanfaatan UAV untuk model 3D gedung teknik sipil yang kemudian diproses dalam BIM, menunjukkan bahwa integrasi UAV dan BIM dapat digunakan untuk keperluan dokumentasi dan estimasi volume. Penelitian oleh S. Fai & Refeiro (2014) juga menekankan pentingnya penentuan LoD dalam proses pemodelan bangunan historis untuk BIM, di mana detail arsitektural menjadi tantangan utama.

Namun, masih sedikit studi yang secara eksplisit menilai kecocokan data UAV terhadap kategori LoD dalam BIM, khususnya untuk LoD 5 (*as-built model*) yang digunakan untuk pemeliharaan bangunan. Penelitian ini memiliki keunggulan dalam hal metode dan objek studi. Pertama, pendekatan yang digunakan mengandalkan drone DJI Phantom 4 RTK, yang memungkinkan akuisisi data spasial presisi tinggi dengan biaya relatif rendah. Kedua, pemrosesan data dilakukan secara berurutan mulai dari georeferensi, point cloud, mesh, hingga integrasi ke dalam Autodesk Revit, menjadikan hasil model tidak hanya representatif secara visual tetapi juga geometris.

Objek yang dipilih, yakni Gedung Technopreneur Politeknik Negeri Batam, merupakan bangunan baru yang belum pernah dimodelkan secara 3D sebelumnya. Ini memberikan nilai tambah dalam dokumentasi dan menjadi acuan awal untuk pemeliharaan berbasis BIM.

## 2. Data dan Metode

### 2.1. Pendekatan Penelitian

Metode pemodelan 3D dengan UAV telah banyak diteliti sebagai alternatif hemat biaya dibandingkan dengan teknologi laser scanner, seperti ditunjukkan oleh Fajariyanto (2021) dan Roziqin dkk. (2022). Kedua studi menunjukkan bahwa pemodelan 3D dari foto udara dapat dimanfaatkan dalam proses integrasi ke dalam Building Information Modeling (BIM) untuk menghasilkan representasi spasial bangunan secara akurat. Penelitian ini melanjutkan pendekatan tersebut dengan memfokuskan pada tingkat Level of Detail (LoD) yang dapat dicapai dari hasil pemodelan menggunakan drone DJI Phantom 4.



Gambar 1. Diagram Alir

## 2.2. Area Kajian



Gambar 2. Peta Area Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Gedung Technopreneur yang berada di lingkungan Politeknik Negeri Batam, tepatnya di Kelurahan Teluk Tering, Kecamatan Batam Kota, Kota Batam, Provinsi Kepulauan Riau. Area sekitar gedung merupakan kawasan pendidikan dengan berbagai fasilitas pendukung seperti gedung kuliah, area parkir, taman, dan akses jalan utama. Lokasi ini dipilih karena representatif untuk studi pemodelan 3D berbasis UAV dengan tingkat kerumitan bentuk bangunan yang sedang dan kondisi lingkungan yang terbuka.

Gedung Technopreneur merupakan salah satu bangunan baru di lingkungan kampus dan memiliki fungsi penting sebagai pusat kegiatan inovasi, technopreneurship, dan pembelajaran berbasis proyek. Walaupun ukurannya relatif lebih kecil dibandingkan gedung lainnya, aktivitas di dalam gedung ini sangat padat. Hal ini menjadikannya menarik untuk dijadikan objek penelitian karena selain memiliki bentuk bangunan yang kompleks, gedung ini juga belum pernah dijadikan objek pemodelan 3D sebelumnya. Dengan demikian, penelitian ini sekaligus memberikan kontribusi awal terhadap digitalisasi aset kampus melalui representasi model digital tiga dimensi.

Pemodelan difokuskan pada bagian luar gedung karena keterbatasan akses interior dan fokus penelitian pada evaluasi tingkat kedetailan (Level of Detail) model eksterior. Data dikumpulkan menggunakan drone DJI Phantom 4 dengan jalur penerbangan yang dirancang melalui aplikasi Pix4D Capture. Untuk keperluan georeferencing, empat Ground Control Point (GCP) dipasang di sekitar gedung dan diukur menggunakan GPS geodetik.

### 2.3. Data dan Alat

Penelitian ini menggunakan perangkat keras berupa Drone DJI Phantom 4, GPS Geodetik, Laptop, dan meteran. Sementara perangkat lunak yang digunakan adalah Agisoft Metashape, Autodesk Revit 2020, ArcMap 10.3, dan Pix4D Capture. Data primer yang digunakan meliputi citra udara hasil penerbangan drone, koordinat Ground Control Point (GCP), data pengukuran aktual di lapangan, serta data 3D hasil pemrosesan fotogrametri.

### 2.4. Teknik dan Tahapan Penelitian

#### 2.4.1. Tahap Perencanaan

Pada tahap perencanaan, area kerja ditentukan menggunakan Google Earth dan jalur penerbangan dibuat melalui Pix4D Capture. Pada penelitian kali ini akan menggunakan 2 metode alur terbang yaitu ; alur terbang double grid dan alur terbang circular. Dilakukan 2 metode alur terbang agar dapat memaksimalkan 3D model yang di hasil kan

#### 2.4.2. Tahap Lapangan

##### 2.4.2.1. Pemasangan Titik Ground Control Point (GCP)



Gambar 3. Titik GCP

Ground control point (GCP) adalah titik kontrol yang digunakan untuk mengkoreksi foto udara, agar foto udara dapat memiliki ukuran atau posisi yang sesuai pada aktualnya. Titik GCP diambil menggunakan GPS Geodetik. Adapun peraturan terkait GCP yang diterbitkan oleh BIG.

Peraturan mengenai GCP dalam peraturan BIG Nomor 1 Tahun 2020 TENTANG STANDAR PENGUMPULAN DATA GEOSPASIAL DASARUNTUK PEMBUATAN PETA DASAR SKALA BESAR; mengatur bahwa pengukuran titik kontrol tanah itu menggunakan receiver GNSS tipe Geodetik dan harus terikat pada Jaringan Kontrol Horizontal Nasional (JKHN), Adapun yang perlu diperhatikan pada pembuatan titik GCP diantaranya ;

- Objek yang dijadikan GCP harus dapat diidentifikasi secara jelas dan akurat dari ketinggian.
- Objek harus berada pada permukaan tanah dan tidak memiliki pola yang sama.
- Objek merupakan point permanent atau diam serta diyakini tidak mudah bergerak atau bergeser.

- d. Bentuk objek harus jelas dan tegas dan warna objek harus kontras dengan warna disekitarnya.
- e. Terdapat akses menuju Lokasi GCp
- f. GCP tidak terhalang oleh benda atau pun pohon.

#### 2.4.2.2. Menerbangkan Drone

Pemetaan dengan metode fotogrametri merupakan salah satu cara untuk mendapatkan pemetaan agar mendapatkan model 3D. pada penelitian kali ini pengambilan foto udara menggunakan 2 metode yaitu;

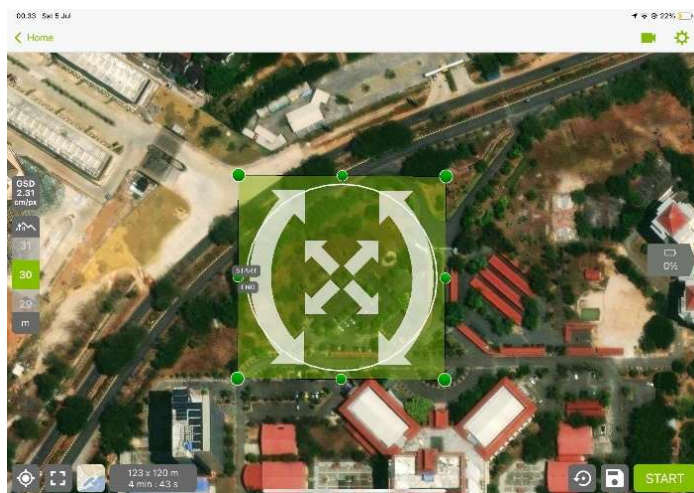
##### 2.4.2.2.1. Double Grid



Gambar 4. Alur Terbang Double Grid

Alur terbang double grid adalah salah satu metode untuk pemetaan pada 3D model. Metode ini membagi area kerja menjadi kotak-kotak (Grid) yang saling berpotongan. Metode ini juga dapat menghasilkan visualisasi yang jelas sehingga 3D model lebih halus. Pengaturan kamera dengan sudut 70 derajat, front overlap 80%, side overlap 70%, dan dengan speed normal.

##### 2.4.2.2.2. Circular



Gambar 5. Alur Terbang Circular

Alur terbang circular atau melingkar adalah pola penerbangan di mana drone mengelilingi objek atau area dalam bentuk lingkaran sambil mengambil gambar. Pola ini sangat efektif digunakan pada pemetaan 3D model pada objek tunggal yang menjadi focus utama. Alur terbang ini dilakukan untuk mengurangi blind spot dan meningkatkan akurasi pada alur terbang double grid. Pengaturan kamera dengan sudut 10 derajat dan kecepatan lambat.

### 2.4.2.3. Pengukuran Bangunan



Gambar 6. Pengukuran Menggunakan Meteran

Pengukuran bangunan dilakukan agar mendapatkan ukuran sesuai pada aktual untuk dapat dibandingkan dengan data ukuran pada 3D model yang diperoleh melalui drone. Pengukuran ini di ambil dengan menggunakan meteran 100m dan meteran 8m. Data yang di ambil dengan meteran adalah data yang di anggap benar.

### 2.4.3. Pengolahan Data

#### 2.4.3.1. Agisoft

Agisoft adalah software yang digunakan untuk melakukan pengolahan foto udara . Hasil dari software Agisoft berupa point cloud, orthophoto, model DEM, dan model 3D. Untuk mengolah foto udara di agisoft membutuhkan GCP sebagai titik koordinat sebagai referensi geometri. Adapun tahapan dalam pengolahan foto udara yang dilakukan pada agisoft sebagai berikut ;

- a. Masukkan foto udara yang akan di olah.
- b. Setelah itu dilakuan georeferencing agar foto udara memiliki nilai geometric dan agar foto udara mendapatkan nilai koreksi.
- c. Lalu dilakukan pengolahan pertama yaitu align photo. Align photo adalah proses untuk mencocokkan titik antar foto yang saling bertumpang tindih, yang mana akan digunakan pada proses orthophoto, point cloud dan 3D model.
- d. Setelah mendapatkan point pada align photo dilakukan proses build Point Cloud, yang mana akan menjadi dasar pada 3D model yang akan dilakukan penelitian.
- e. Lalu dilakukan proses build Model, agar mendapatkan visual model 3D yang halus.
- f. Lalu sebagai pelengkap dilakuankan proses orthophoto untuk mendapatkan visual tampak atas dari foto udara yang di lakukan.
- g. Setelah semua proses selesai maka dilakukan export data seperti; Point Cloud, Model 3D, dan Orthophoto. Point Cloud di export dengan Format ASPRS LAS(.las).

#### 2.4.3.2. Revit

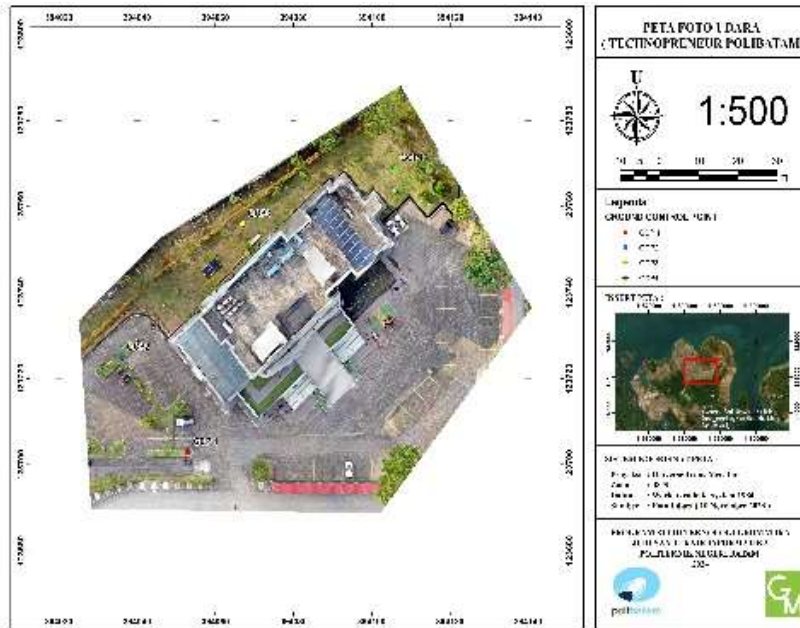
Software ini dikembangkan oleh Autodesk, Software ini digunakan untuk pengolahan Building Information Model (BIM). Fitur pada software ini sangat mendukung dalam pengolahan BIM. Sebelum masukan data berupa point cloud yang telah di export dari Agisoft ke dalam Revit kita perlu merubah format menjadi Recap (.rcp) melalui software Autodesk Recap. Adapun tahapan yang dilakuan di software Revit sebagai berikut ;

- a. Import point cloud yang di export dari agisof yang sudah di ubah format menjadi Recap.
- b. Lalu mengubah visualisasi agar lebih mudah untuk dilihat .
- c. Setelah itu melakukan pengukuran lebar, panjang, dan tinggi pada model

### 3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil penelitian yang diperoleh dari proses akuisisi data, pengolahan, hingga evaluasi model 3D gedung menggunakan UAV, serta pembahasannya berdasarkan analisis kualitatif dan kuantitatif. Hasil yang disampaikan mencakup georeferencing, evaluasi akurasi dimensi model 3D, serta tingkat Level of Detail (LoD) dalam konteks integrasi Building Information Modeling (BIM).

### 3.1. Hasil Georeferencing



Gambar 7. Peta Foto Udara

Georeferencing dilakukan agar citra foto udara yang diperoleh memiliki posisi spasial yang sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Proses ini menggunakan empat titik kontrol tanah (Ground Control Points/GCP) yang telah diukur menggunakan GPS geodetik dengan sistem proyeksi WGS 84 UTM zona 48N. Koordinat dari GCP tersebut disajikan pada Tabel berikut:

NAMA GCP	EASTING	NORTHING	ELEVASI (m)
GCP1	394.053	123.703	38.961
GCP 2	394.035	123.725	38.734
GCP 3	394.066	123.756	38.583
GCP 4	394.105	123.768	39.022

Tabel 1. Koordinat Ground Control Point

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
GCP 1	-0.455217	-1.48992	0.894309	1.79635	0.649 (16)
GCP2	1.47079	-2.58464	-1.99478	3.58089	0.399 (13)
GCP3	0.821687	7.78781	2.40669	8.19252	0.728 (28)
GCP4	-1.83703	-3.71347	-1.30675	4.34421	0.444 (22)
<b>Total</b>	<b>1.26692</b>	<b>4.56454</b>	<b>1.75205</b>	<b>5.05072</b>	<b>0.595</b>

Gambar 8. Hasil Error Georeferencing

Setelah dilakukan georeferencing, hasil koreksi kesalahan posisi koordinat menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi.

### 3.2. Perbandingan Dimensi Model 3D

Evaluasi dilakukan dengan membandingkan dimensi gedung pada model 3D dengan data pengukuran aktual di lapangan, mencakup **Lebar (X)**, **Panjang (Y)**, dan **Tinggi (Z)** bangunan. Perbandingan disajikan dalam bentuk tabel untuk masing-masing dimensi.

Lebar	Design (cm)	Aktual (A) (cm)	3D Model (B) (cm)	Selisih (A-B) (cm)
X1	2200	2193	2192	1
X2	502	504	511	-7
X3	30	32	31	1
Rata - rata				-1,633

Tabel 2. Perbandingan Dimensi Lebar (X)

Panjang	Design (cm)	Aktual (A) (cm)	3D Model (B) (cm)	Selisih (A-B) (cm)
Y1	5895	5955	5941	14
Y2	1600	1532	1521	11
Y3	824	835	844	-9
Rata - rata				5,333

Tabel 3. Perbandingan Dimensi Panjang (Y)

Tinggi	Design (cm)	Aktual (A) (cm)	3D Model (B) (cm)	Selisih (A-B) (cm)
Z1	-	24	28	-4
Z2	110	123	130	-7
Z3	16	16	18	-2
Rata - rata				-4,333

Tabel 4. Perbandingan Dimensi Tinggi (Z)

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa model 3D memiliki akurasi dimensi yang cukup baik, dengan rata-rata selisih  $\pm 5$  cm. Ini membuktikan bahwa data dari drone dapat digunakan untuk membuat model spasial yang representatif terhadap kondisi lapangan.

### 3.2. Klasifikasi Level of Detail (LoD)

Klasifikasi dilakukan untuk mengetahui sejauh mana model 3D hasil pemrosesan data drone dapat memenuhi klasifikasi Level of Detail (LoD) dalam Building Information Modeling (BIM). LoD merupakan indikator sejauh mana informasi spasial dan non-spasial dari sebuah objek bangunan direpresentasikan secara digital. Dalam penelitian ini, klasifikasi LoD yang digunakan mengacu pada standar BIM Forum yang membagi LoD dari tingkat paling dasar (100) hingga paling detail (500).



Gambar 9. Model 3D

Dapat kita ketahui dari analisis di atas bahwa data yang di dapat dari 3D model adalah visualisasi bangunan Bagian luar dan geometri bangunan. Adapun tingkatan LOD terdapat 5 tingkat :

- a. **LOD 1 (100)** : LOD 100 memiliki representasi kasar bentuk dan ukuran dasar objek. Pada 3D model yang di ambil menggunakan drone memiliki ukuran yang lebih mendetail sehingga dapat di gunakan untuk tingkat lebih lanjut.
- b. **LOD 2 (200)** : LOD 200 memiliki model yang lebih halus termasuk perkiraan kuantitas dan ukuran. Pada 3D model yang di ambil menggunakan drone dapat memvisualisasikan secara halus namu masih sulit untuk menentukan kuantitas. Terlebih lagi bangunan technopreneur terdapat banyak kaca yang tidak dapat terdeteksi saat prosesi data point cloud, sehingga tidak dapat memenuhi LOD 2.
- c. **LOD 3 (300)** : LOD 300 memiliki ketinggian keakuratan yang cukup presisi. Ada juga detail bangunan dan informasi lengkap seperti cara pengerjaan bangunan, jenis bahan, dan kuantitas bahan. LOD 3 adalah model yang akan dijadikan sebagai bahan analisis saat pengerjaan dan dijadikan dokumentasi konstruksi. Pada 3D model yang di ambil menggunakan drone hanya dapat memodelkan bagian luar saja, sehingga tidak memenuhi syarat pada LOD 3.
- d. **LOD 4 (400)** : LOD 4 memiliki representasi objek yang sangat detail mencakup detail manufaktur, fabrikasi, dan instalasi dari awal konstruksi hingga akhir konstruksi. Pada 3D Model yang di ambil menggunakan drone tidak memiliki detail manufaktur, fabrikasi, dan instalasi, sehingga tidak dapat memenuhi LOD 4.
- e. **LOD 5** : LOD 5 memiliki representasi konstruksi dengan data aktual setelah selesai konstruksi. LOD 5 biasanya digunakan untuk pengambilan data As-built konstruksi dan untuk pemeliharaan suatu konstruksi. Pada 3D model yang di ambil menggunakan drone dapat memvisualisasikan secara halus dan jelas yang mana dapat mendukung pada As-built dan pemeliharaan konstruksi.

### 4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan drone DJI Phantom 4 dalam pemodelan 3D Gedung Technopreneur Politeknik Negeri Batam dapat menghasilkan model yang akurat dan informatif. Proses georeferencing menggunakan empat titik kontrol tanah (GCP) memberikan posisi spasial yang presisi, sementara hasil pemodelan 3D menunjukkan rata-rata selisih dimensi terhadap kondisi aktual yang masih berada dalam batas toleransi  $\pm 5$  cm. Hal ini membuktikan bahwa UAV mampu menyediakan data spasial yang cukup andal untuk digunakan dalam perencanaan dan dokumentasi aset bangunan.

Model yang dihasilkan mampu mencapai Level of Detail (LoD) 5 pada bagian eksterior, sehingga dapat digunakan sebagai representasi as-built untuk mendukung kegiatan pemeliharaan dan pengelolaan bangunan dalam sistem Building Information Modeling (BIM). Kelebihan dari pendekatan ini adalah efisiensi waktu dan biaya dibandingkan dengan metode pemindaian laser, serta kemampuan menghasilkan dokumentasi visual yang mendekati kondisi sebenarnya. Namun demikian, keterbatasan masih ditemui dalam hal representasi material transparan dan bagian interior bangunan yang tidak terjangkau oleh drone.

Untuk Kedepannya, pengembangan metode ini dapat diarahkan pada integrasi data interior menggunakan teknologi seperti LIDAR handheld atau pemodelan manual berbasis pengukuran lapangan. Selain itu, perlu dilakukan pengujian pada bangunan dengan kompleksitas bentuk dan material yang lebih tinggi untuk mengevaluasi ketahanan metode ini dalam skenario yang lebih berat.

## Daftar Pustaka

- Noviandyka, R. B., Tjahjadi, M. E., & Yuliananda, A. (2020). *ANALISIS HASIL PEMODELAN 3D PADA FITUR KAMERA*. Malang: <http://eprints.itn.ac.id/>.
- A, F. D., & Rokhmana, C. A. (2019). EKSTRAKSI BANGUNAN PADA ORTOFOTO MENGGUNAKAN TEKNIK KLASIFIKASI CITRA BERBASIS OBJEK. *Elipsoida Jurnal Geodesi dan Geomatika*.
- Abualdenien, J., & Borrmann, A. (2022). Levels Of Detail, Development, Devinitio, And Information Need : A Critical Literature Review. *Journal Of Information Technology In Construction*.
- Amin, Z., & Meldi, D. (2018). Pengidentifikasian dan Pencarian Manusia Berbasis Citra Menggunakan Unmanned Aerial Vehicle. *Metal, Fakultas Teknik Universitas Andalas*.
- Aristia, N. (2014). *Pemodelan 3D Kawasan Cagar Budaya Menggunakan Fotogrametri Jarak Dekat Kombinasi Data Foto Terestris dan Foto Udara ( Studi Kasus Kawasan Candi Sambisari-Yogyakarta)*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Atkison, K. B. (1996). *Close Range Photogrametry and Machine Vision*. Whittles: Publishing Scotland.
- Effendy, Y. F. (2017). *Klasifikasi Point Cloud Pada Peta Photo Menggunakan Metode Semi Automatic*. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Fajariyanto, M. (2021). *APLIKASI FOTO UDARA UAV UNTUK PEMODELAN BANGUNAN 3D YANG DIINTEGRASIKAN DENGAN BIM (STUDI KASUS : POLITEKNIK BENGKALI)*. Bengkalis: Politeknik Negeri Bengkalis.
- Federal Geographic Data Committe. (1998). Geospatial Positioning Accuracy Standards Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy. *National Spatial Data Infrastructure*.
- Frianazah, A. (2009). *Pembuatan Orthoimage Dari Citra ALOS Prism*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FT UGM.
- Hadi, B. (2007). *Dasar-dasar Fotogrametri*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Hartati, K. S., Marjuki, B., Astutik, S., Prananingtyas, S. R., Wijanarko, S. R., Ridha, M. R., & Riski, A. (2019). *Pemetaan Menggunakan UAV*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat.
- Ikatan Mahasiswa Geodesi Institut Teknologi Bandung. (2020). *Geodesy And Sustainability : For Earth, Living Species, and Mankind*. BAndung: Esri Indonesia.
- Jenson, J. R. (2006). REMOTE SENSING OF THE ENVIRONMENT:AN EARTH RESOURCE PERSPECTIVE. *Pearson Education*.
- Luebke, D., Reddy, M., Cohen, J. D., Varshney, A., Watson, B., & Huebner, R. (2003). *Level Of Detail For 3D Graphics*. San Francisco: Elsevier Science.
- Mahendra, M. F. (2021). *PENERAPAN KONSEP BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) DALAM BENTUK TIGA DIMENSI UNTUK MENUNJANG ESTIMASI BIAYA PEKERJAAN PLUMBING* . Yogyakarta: <https://dspace.uui.ac.id/>.
- Mulakala, J. (2019). *Akurasi Pengukuran Dji Phantom 4 RTK & Fotogrametri*. -: Drone Deploy.
- N.E., Y. F. (2017). *Klasifikasi Point Cloud dari Peta Photo Menggunakan Metode Semi Automatic* . Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- O'callaghan, J. F. (1983). The Extraction of Drainage Networks from Digital Elevation Data. *COMPUTER WSION, GRAPmCS, AND I/d\_ AGE PROCESSIN*.
- Rinasti, A. N. (2020). *Geosphere ( Geodesy and Sutainability : For Earth, Living Species, ManKind )*. Bandung: Esri Indonesia.

---

Susetyo, D. B., Rizaldy, A., Hartanto, P., & Hidayat, F. (2019). SEGMENTASI DATA LIDAR MENGGUNAKAN ALGORITMA SEGMENT GROWING UNTUK DETEKSI BANGUNAN. *Prosiding Simposium Nasional Geospasial 2019*. Cibinong: ResearchGate.

Uusitalo, P., Seppänen, O., Lappalainen, E., Peltokorpi, A., & Olivieri, H. (2019). Applying Level of Detail in a BIM-Based Project: An Overall Process for Lean Design Management. *Building*.

wicaksono, f. y. (2009). *Apa Itu Foto Udara? Badan perpustakaan dan arsip daerah provinsi DIY*.

Wolf, P. R. (1981). *Elemen Fotogrametri (indonesia Edition)*. Yogyakarta: Edisi Kedua, Gaja Mada University Press.