

ANALISIS PENGGUNAAN DRONE UNTUK MEMBUAT ASET 3D DALAM PENGEMBANGAN DIGITAL TWIN DI KECAMATAN SEWON YOGYAKARTA

¹Edi Sofyan, ²Dwi Widyanto

¹*Jurusan Teknik Dirgantara*
Sekolah Tinggi Teknologi
Kedirgantaraan
edi.sofyan@sttkd.ac.id

²*Jurusan Teknik Dirgantara*
Sekolah Tinggi Teknologi
Kedirgantaraan
dwi.widyanto@sttkd.ac.id

Article history:

Received 30th of April 2025

Revised 8th of May 2025

Accepted 20th of May 2025

Abstract

This study examines the utilization of drone technology in collecting image data and reconstructing it into three-dimensional (3D) assets to support the development of a digital twin in Sewon District, Yogyakarta. A digital twin, as a digital representation of a physical object or system, offers the potential for real-time monitoring, analysis, and simulation, which ultimately enhances operational efficiency and urban planning towards the smart city concept. The research methodology involves collecting image data using drones, reconstructing the data into 3D models, and developing a database of digital assets. The research results indicate that data obtained from drone videos can be extracted and processed using AI technology to generate digital 3D assets. This method is expected to significantly contribute to the development of smart city technology in Indonesia, particularly in Sewon District, by facilitating more efficient infrastructure management, better spatial planning, and more effective disaster mitigation.

Keywords: Drone, 3 Dimensi, Digital Twin, Rekonstruksi, Image Processing

Pendahuluan

Pembangunan kota pintar (*smart city*) menjadi krusial dalam meningkatkan kualitas hidup masyarakat melalui integrasi teknologi informasi dan komunikasi. Konsep digital twin [7], sebagai representasi digital objek fisik atau sistem, memungkinkan pemantauan dan analisis *real-time* untuk meningkatkan efisiensi operasional dan perencanaan perkotaan menuju *smart city* [5]. Teknologi ini berperan penting dalam *Industri 4.0*. Kecamatan Sewon [3], Yogyakarta, memiliki potensi signifikan untuk mengadopsi digital twin sebagai langkah awal pengembangan *smart city*. Penelitian ini bertujuan menganalisis pemanfaatan teknologi drone dalam menghasilkan aset tiga dimensi (3D) yang akurat untuk mendukung inisiatif digital twin di wilayah Sewon [13]. Pendekatan ini didasari pada kapabilitas drone dalam pengumpulan data visual yang efisien dan akurat di area sulit dijangkau [4].

Pemanfaatan drone untuk pengumpulan data gambar/foto guna rekonstruksi 3D melibatkan beberapa tahapan kunci, mulai dari akuisisi video, deteksi [9] dan pencocokan fitur, hingga Structure-from-Motion (SfM) [17] dan Multi-View Stereo (MVS) untuk menghasilkan point cloud padat dan mesh [19]. Metode rekonstruksi 3D dari gambar/foto telah banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti arsitektur dan pemetaan. Berbagai aplikasi dan platform seperti Meshy.ai [10], Polycam [14], dan Tripo.ai [18] kini memanfaatkan kecerdasan buatan (AI) untuk menyederhanakan dan mempercepat proses ini, bahkan memungkinkan rekonstruksi dari gambar/foto tunggal atau video dengan hasil yang bervariasi tergantung kualitas input dan kompleksitas objek. Keberhasilan rekonstruksi sangat dipengaruhi oleh kualitas data, termasuk pencahayaan, tumpang tindih antar foto atau gambar, dan kompleksitas latar belakang [12]. Tantangan dan inovasi terus berkembang dalam domain ini, termasuk integrasi fusi multi-sensor [21] dan teknik pembelajaran hibrida untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi.

Penelitian yang dilakukan di Kecamatan Sewon ini mencakup pengumpulan data gambar/foto menggunakan drone, rekonstruksi data menjadi model 3D menggunakan perangkat lunak yang relevan, dan pembuatan *database* aset digital. Objek penelitian yang dipilih mencakup aset penting seperti aset pesawat yang ada di Kampus STTKD, Pintu Gerbang ISI (Institut Seni Indonesia), Panggung Krapyak, History Of Java Museum, dan Monumen Perjuangan TNI Angkatan Udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data foto dan video dari drone dapat diekstraksi dan diolah menggunakan teknologi AI dan fotogrametri untuk menghasilkan aset 3D digital. Aset 3D yang dihasilkan memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan dalam berbagai sektor, seperti perencanaan

tata ruang, pengelolaan infrastruktur, dan *mitigasi bencana*, serta dapat meningkatkan daya tarik wisata dan edukasi melalui visualisasi imersif dalam platform seperti *Unreal Engine*. Diharapkan metode ini memberikan kontribusi dalam pengembangan *smart city* di Indonesia dan menjadi referensi untuk implementasi teknologi serupa.

Metode Penelitian

Metode Penelitian ini berfokus pada penggunaan drone untuk pengumpulan data gambar/foto dan rekonstruksi menjadi aset 3D dalam konteks pembangunan digital twin. Metodologi penelitian mencakup beberapa tahapan utama:

1. **Penentuan Misi dan Tujuan:** Tahap awal melibatkan identifikasi objek-objek di Kecamatan Sewon yang relevan untuk pembuatan model 3D dan penentuan tujuan spesifik dari implementasi digital twin.
2. **Kajian Pustaka:** Dilakukan tinjauan literatur komprehensif mengenai teknologi drone, teknik rekonstruksi 3D (seperti *Structure from Motion (SfM)* dan *Multi-View Stereo (MVS)*), konsep digital twin, dan implementasinya dalam konteks *smart city*.
3. **Survei Lapangan dengan Drone:** Pengumpulan data gambar dilakukan dengan menggunakan drone untuk mengambil foto dan video dari berbagai sudut pandang objek-objek yang telah ditentukan di Kecamatan Sewon. Perencanaan jalur terbang drone yang tepat sangat penting untuk memastikan cakupan area yang memadai dan *overlap* gambar yang optimal untuk rekonstruksi 3D.
4. **Rekonstruksi Data Menjadi Model 3D:** Data gambar/foto yang diperoleh dari drone diproses menggunakan perangkat lunak rekonstruksi 3D untuk menghasilkan model 3D yang akurat dan detail dari objek-objek di Kecamatan Sewon.
5. **Pengembangan Basis Data Aset 3D:** Model 3D yang dihasilkan diintegrasikan ke dalam aplikasi basis data yang terstruktur. Basis data ini menjadi komponen penting dari digital twin Kecamatan Sewon, memungkinkan akses mudah dan pemanfaatan data 3D untuk berbagai aplikasi.
6. **Analisis dan Evaluasi:** Dilakukan evaluasi terhadap akurasi, efisiensi, dan manfaat penggunaan drone dan rekonstruksi 3D dalam pembuatan aset digital. Analisis ini mencakup perbandingan dengan metode pengumpulan data konvensional dan identifikasi potensi tantangan serta peluang pengembangan lebih lanjut.

Drone DJI Tello untuk mendapatkan foto dan video

DJI Tello adalah drone mini yang dirancang untuk pengguna pemula dan edukasi, tetapi tetap menawarkan fitur-fitur yang canggih. Drone ini dikembangkan oleh Ryze Tech dengan teknologi dari DJI dan Intel, menjadikannya perangkat yang kompak, ringan, dan mudah dioperasikan. DJI Tello dirancang untuk keperluan edukasi, khususnya dalam bidang robotika dan pemrograman, karena mendukung pemrograman menggunakan bahasa seperti Scratch dan Python. Drone ini menawarkan pengalaman penerbangan yang menyenangkan dan dilengkapi dengan kamera berkualitas 5 MP yang mampu merekam video hingga 720p HD, menjadikannya pilihan ideal bagi mereka yang baru mulai menjelajahi dunia drone atau ingin belajar tentang pengendalian otonom drone.

DJI Tello memiliki berat sekitar 80 gram dengan dimensi 98×92.5×41 mm, menjadikannya sangat portabel dan mudah dibawa ke mana saja. Drone ini dilengkapi dengan prosesor Intel Movidius Myriad 2 VPU dan mendukung kontrol melalui aplikasi di ponsel pintar. Tello memiliki waktu terbang sekitar 13 menit dengan kecepatan maksimal 28,8 km/jam, yang cukup baik untuk drone di kelasnya. Kamera depannya mampu menangkap foto dengan resolusi 5 MP dan merekam video 720p HD dengan stabilisasi elektronik. Selain itu, Tello dilengkapi fitur-fitur canggih seperti "Throw & Go" yang memungkinkan drone terbang hanya dengan dilempar ke udara, serta "EZ Shots" yang memungkinkan pengguna merekam video pendek dengan mudah.



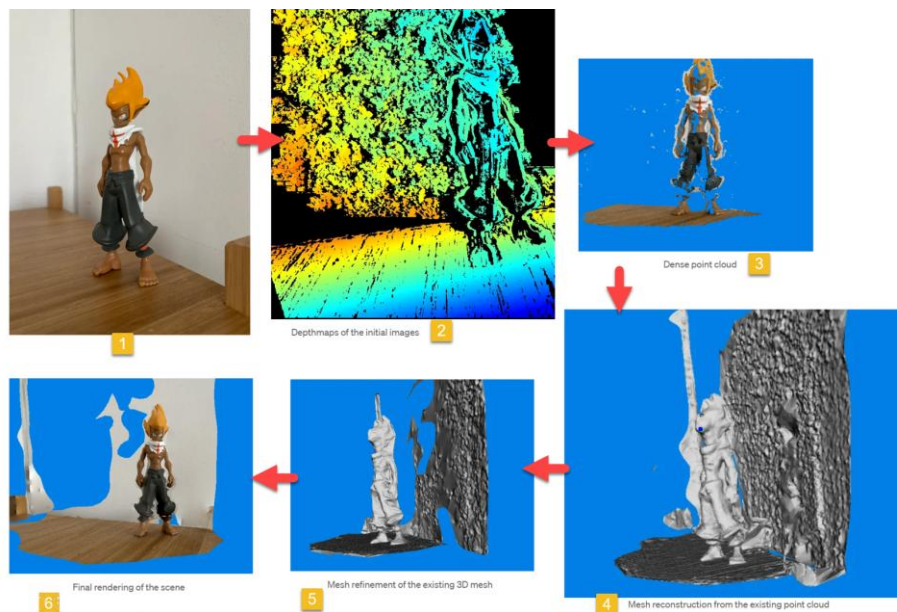
Gambar 1. Drone DJI Tello yang dipergunakan dalam penelitian ini untuk mendapatkan *foto dan video*

Rekonstruksi Data Drone

Data gambar yang diperoleh dari drone akan diolah menggunakan perangkat lunak rekonstruksi 3D. Proses ini mencakup pemilihan algoritma yang sesuai, kalibrasi kamera, dan penggabungan gambar untuk menghasilkan model 3D yang akurat.

Langkah yang dilakukan dalam merekonstruksi gambar/foto 2D ke 3D adalah sebagai berikut:

1. Image collection
2. Feature extraction-
Feature matching-
Structure from Motion
3. Dense point-cloud
reconstruction
4. Mesh Reconstruction
5. Mesh Refinement
6. Mesh Texturing



Gambar 2: Proses rekonstruksi gambar/foto 2D ke 3D

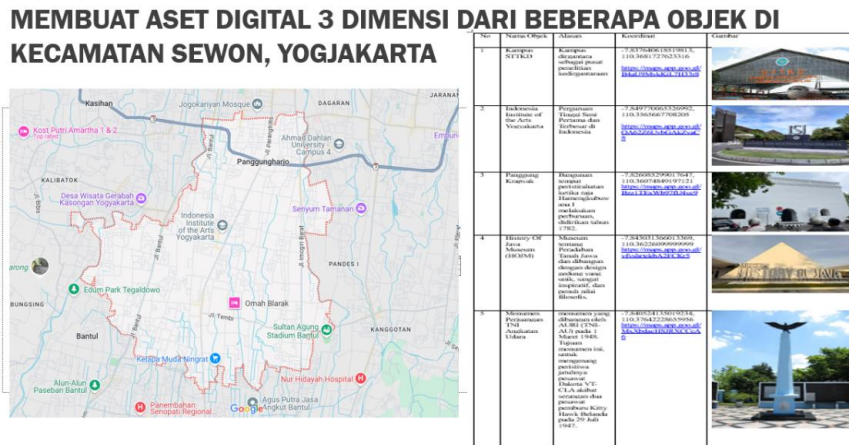
Dalam penelitian ini, berbagai aplikasi perangkat lunak digunakan untuk merekonstruksi model 3D dari data input yang berbeda. Tripo3D.ai dimanfaatkan untuk rekonstruksi 3D serbaguna yang didukung AI, dengan kemampuan memproses input multi-gambar, gambar tunggal, video, dan teks. Meshy.ai difokuskan pada pembuatan prototipe 3D cepat dari input gambar tunggal dan teks, serta pembuatan tekstur. 3Dpresso menjadi alat untuk membuat aset 3D dari video, sketsa, dan teks, dengan fitur AI untuk transformasi dan tekstur. Polycam digunakan dengan penekanan pada fotogrametri

untuk input multi-gambar dan video, serta fitur tambahan seperti LiDAR dan pembuatan tekstur AI. Perbandingan fitur dari setiap aplikasi diringkas dalam Tabel 1.

Tabel 1: Perbandingan Tripo3D dengan Meshy.ai, 3Dpresso, dan Polycam

Fitur	Tripo3D.ai	Meshy.ai	3Dpresso	Polycam
Input Multi-Gambar	Ya (dukungan eksplisit untuk tampilan depan, samping, atas)	Tidak (terutama gambar tunggal)	Ya (implisit melalui pemrosesan <i>frame</i> video)	Ya (dukungan fotogrametri kuat untuk banyak foto)
Input Video	Kemungkinan (melalui pemrosesan <i>frame</i> video via gambar ke Model), bukan utama	Tidak ada input video langsung yang disebutkan	Ya (Video ke 3D adalah fitur utama)	Ya (Videogrametri)
Input Gambar Tunggal	Ya	Ya	Tidak ada gambar tunggal ke 3D langsung yang disebutkan (terutama video/sketsa/teks)	Ya (Fitur Pembuat Model AI, masih eksperimental)
Input Teks	Ya	Ya	Ya	Ya (Pembuat Tekstur AI)
Input Sketsa	Tidak ada input sketsa langsung yang disebutkan	Ya	Ya	Tidak ada input sketsa langsung yang disebutkan
Rekonstruksi Utama	Bertenaga AI dari banyak/tunggal gambar dan teks	Bertenaga AI dari gambar tunggal dan teks	Bertenaga AI dari video, sketsa, dan teks	Fotogrametri (<i>cloud processing</i>), LiDAR, AI (gambar tunggal eksperimental)
Fitur AI	AI inti untuk semua transformasi, transfer gaya, penghapusan latar belakang	AI inti untuk teks/gambar ke 3D, tekstur, stilasi	AI inti untuk semua transformasi, tekstur, potensi animasi	AI untuk pembuatan tekstur, pemahaman ruangan (LiDAR), gambar tunggal ke 3D (eksperimental), <i>masking</i> objek
Fokus	Pembuatan 3D bertenaga AI serbaguna untuk berbagai industri	Pembuatan prototipe dan konsep 3D cepat dari teks/gambar	Pembuatan aset 3D bertenaga AI dari berbagai input	Pemindaian dan pemodelan 3D berbasis <i>mobile</i> dengan fotogrametri kuat dan integrasi AI yang meningkat

Penentuan objek lokasi [15] yang akan direkonstruksi dalam penelitian ini difokuskan di Kecamatan Sewon, dengan mempertimbangkan nilai strategis dan potensi pengembangan wilayah tersebut. Lima objek dipilih secara spesifik berdasarkan nilai historis, fungsi edukatif, serta peranannya dalam pengembangan kebudayaan dan teknologi, yaitu: Kampus STTKD sebagai pusat pendidikan kedirgantaraan; Institut Seni Indonesia Yogyakarta sebagai perguruan tinggi seni terbesar di Indonesia; Panggung Krapyak yang merupakan bangunan bersejarah peninggalan Raja Hamengkubuwana I; History Of Java Museum yang menampilkan peradaban Jawa dengan desain arsitektur yang filosofis; dan Monumen Perjuangan TNI AU yang memiliki nilai sejarah penting bagi kedirgantaraan nasional. Kelima objek ini akan direkonstruksi menjadi model 3D sebagai bagian dari pengembangan dokumentasi digital dan pelestarian warisan budaya serta infrastruktur strategis di wilayah Sewon, Yogyakarta.



Gambar 3. Lokasi Kecamatan Sewon yang menjadi daerah objek penelitian

Hasil Pengujian dan Pembahasan

Penelitian ini mengeksplorasi penggunaan drone untuk menghasilkan aset 3D dan potensinya dalam mendukung pembangunan digital twin, khususnya di Kecamatan Sewon, Yogyakarta. Temuan dari penelitian ini memberikan wawasan tentang efektivitas metode pengumpulan data drone, rekonstruksi 3D, dan aplikasi potensial dari model 3D yang dihasilkan.

Efektivitas Pengumpulan Data Drone dan Rekonstruksi 3D

Drone terbukti menjadi alat yang efisien dan efektif untuk pengumpulan data gambar/foto, menawarkan beberapa keunggulan dibandingkan metode tradisional. Kemampuan drone untuk menjangkau area yang sulit diakses, seperti atap bangunan dan area dengan vegetasi padat, memungkinkan pengumpulan data yang komprehensif dan detail. Akuisisi data yang cepat oleh drone sangat penting untuk aplikasi sensitif waktu, seperti tanggap bencana, di mana pemetaan area yang luas secara cepat sangat penting. Data gambar/foto yang diperoleh dari drone berhasil direkonstruksi menjadi model 3D menggunakan perangkat lunak khusus, yang menunjukkan potensi untuk menghasilkan representasi digital yang akurat dari objek fisik.

Namun, penting untuk mengakui keterbatasan yang terkait dengan penggunaan drone. Faktor-faktor lapangan seperti ukuran objek, lokasi objek, kondisi cuaca (misalnya, angin kencang, hujan, kabut) dan kendala peraturan penerbangan dapat memengaruhi pengumpulan data. Selain itu, pemrosesan data dalam jumlah besar memerlukan perangkat keras dan perangkat lunak yang mumpuni, yang berpotensi meningkatkan biaya komputasi. Akurasi model 3D yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti akurasi GPS, kalibrasi sensor, dan kondisi pencahayaan.

Studi Kasus dan Hasil Rekonstruksi 3D

Penelitian ini melakukan beberapa studi kasus untuk mengevaluasi efektivitas berbagai perangkat lunak dalam merekonstruksi model 3D dari data yang diperoleh drone dan sumber lainnya. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Tripo3D.ai [18], Meshy.ai [10], 3Dpresso [1], dan Polycam [14].

Tripo3D.ai: Aplikasi ini menunjukkan kemampuan yang baik dalam merekonstruksi model 3D dari berbagai input, termasuk multi-gambar dan teks. Kemampuan AI Tripo3D.ai untuk melakukan transformasi, transfer gaya, dan penghapusan latar belakang memfasilitasi pembuatan model 3D yang serbaguna.

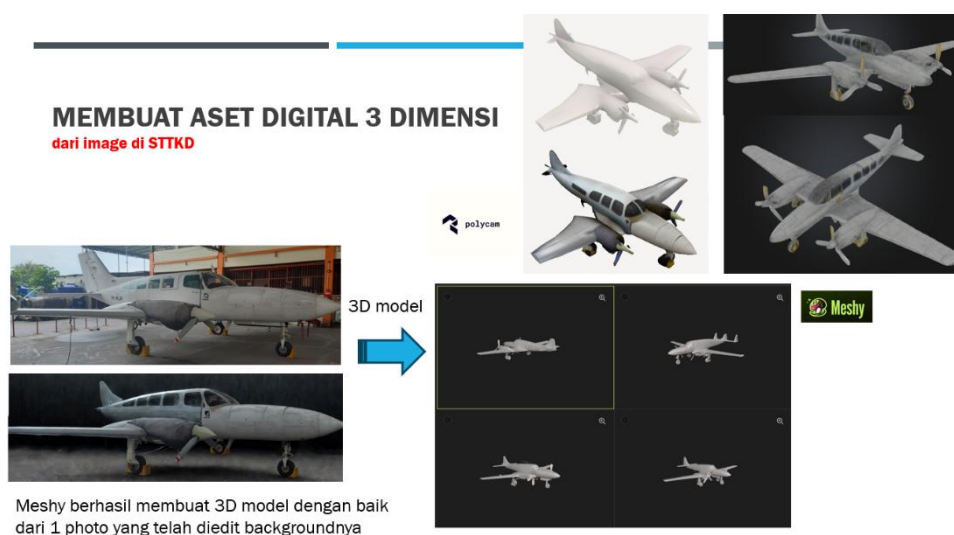
Meshy.ai: Platform ini unggul dalam menghasilkan prototipe dan konsep 3D dengan cepat dari input teks dan gambar. Fitur-fitur berbasis AI Meshy.ai, seperti pembuatan tekstur dan pemberian gaya, menawarkan opsi penyesuaian tambahan untuk model 3D yang dihasilkan.

3Dpresso: Aplikasi ini berfokus pada pembuatan aset 3D dari input video, sketsa, dan teks. Kemampuan 3Dpresso untuk menyederhanakan pembuatan model 3D dari video membuatnya menjadi alat yang berharga untuk berbagai aplikasi, termasuk real estat dan pelestarian budaya.

Polycam: Aplikasi seluler ini menekankan pemindaian dan pemodelan 3D, dengan fitur fotogrametri yang kuat dan integrasi AI yang semakin meningkat. Polycam menawarkan fleksibilitas dalam akuisisi dan pemrosesan data 3D, melayani berbagai kebutuhan pengguna.

Studi kasus yang dilakukan dalam penelitian ini menyoroti pentingnya kualitas data input, pemilihan perangkat lunak yang sesuai, dan karakteristik objek yang dipindai dalam keberhasilan rekonstruksi 3D. Rekonstruksi dari gambar/foto tunggal, seperti yang dieksplorasi dengan Meshy.ai, menunjukkan potensi AI untuk memprediksi bagian objek yang tidak terlihat, tetapi akurasi yang lebih tinggi dicapai dengan menggunakan beberapa gambar. Rekonstruksi dari banyak gambar/foto, seperti yang dicontohkan oleh Tripo3D.ai, menghasilkan model yang lebih detail dan akurat karena ketersediaan informasi dari berbagai sudut pandang.

Rekonstruksi dari video menghadirkan tantangan unik, terutama yang berkaitan dengan *overlap* antar gambar/foto dan kompleksitas adegan [11]. Kurangnya *overlap* yang memadai dapat menghambat proses pencocokan fitur, yang mengarah pada hasil rekonstruksi yang buruk. Adegan kompleks dengan objek dinamis dan latar belakang yang ramai juga dapat menimbulkan tantangan untuk rekonstruksi 3D yang akurat.



Gambar 4: Pembuatan model 3d pesawat Cessna dari satu gambar dengan menggunakan Meshy dan Polycam

Uji Coba Awal di STTKD dengan Pesawat Cessna. Pengujian awal pembuatan aset 3D di STTKD melibatkan pesawat Cessna, di mana satu foto dengan latar belakang hanggar kompleks dimasukkan ke dalam MESHY. MESHY berhasil membuat model 3D yang baik dalam satu proses, menunjukkan kemampuan AI-nya membedakan pesawat dari latar belakang, meskipun beberapa elemen latar belakang tetap terbawa. Penghapusan latar belakang secara manual menggunakan Photoshop sebelumnya menghasilkan rekonstruksi yang lebih baik di MESHY. Saat foto yang sama digunakan di Polycam, hasilnya kurang memuaskan dengan beberapa bagian hilang, kemungkinan karena informasi visual yang terbatas.

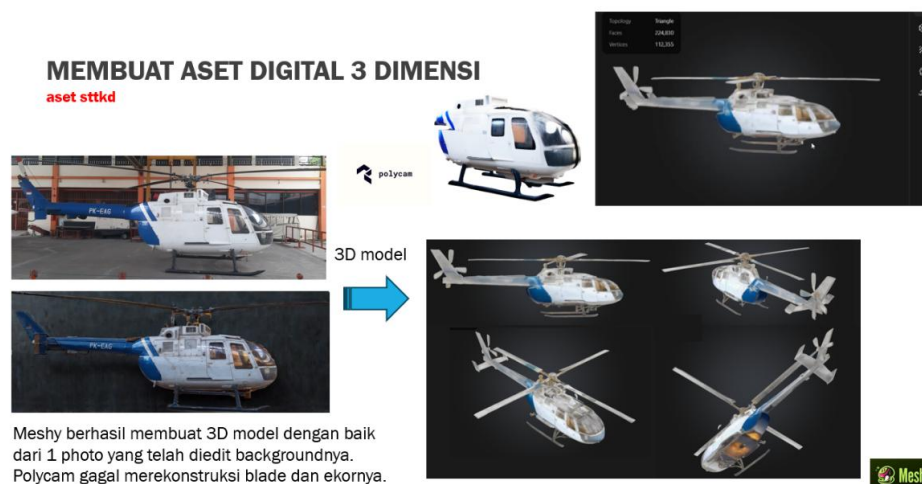
Rekonstruksi dengan Banyak Gambar Menggunakan Tripo. Kemudian digunakan aplikasi Tripo untuk merekonstruksi helikopter STTKD dari beberapa sudut gambar. Empat gambar (depan, belakang, kiri, kanan) yang diambil dari video digunakan sebagai input, dan Tripo berhasil

menghasilkan model 3D yang baik. Antarmuka pengguna Tripo dinilai baik, dengan distorsi kecil pada bilah baling-baling kemungkinan disebabkan pencahayaan yang kurang sempurna dan pantulan di gambar asli, serta fakta bahwa hanya dua dari empat gambar yang sepenuhnya menangkap baling-baling. Secara keseluruhan, rekonstruksi menggunakan Tripo dengan beberapa gambar dianggap memuaskan.



Gambar 5: Pembuatan model 3d Helikopter dari 4 gambar yang diekstrak dari frame video dengan menggunakan Tripod

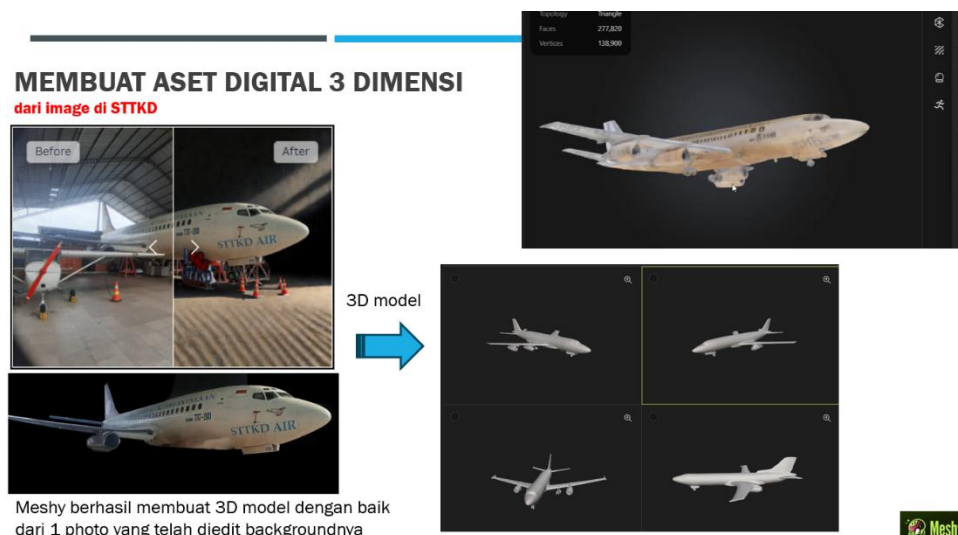
Rerekonstruksi model helikopter dari video yang merekam model 3D digital (tanpa latar belakang), dan membandingkan Polycam dan 3D Presso. Polycam cukup berhasil, tetapi masih menghasilkan noise di sekitar baling-baling dan bawah helikopter, kemungkinan akibat gerakan kamera yang tersendat. 3D Presso juga gagal menghasilkan model bersih karena terdapat elemen tambahan yang mengganggu. Eksperimen ini menyoroti sensitivitas rekonstruksi berbasis video terhadap faktor-faktor teknis, seperti gerakan kamera yang halus, pencahayaan konsisten, tidak adanya refleksi, dan overlap *frame* video minimal 60–80% untuk hasil 3D yang baik.



Gambar 6: Pembuatan model 3d Helikopter dari satu gambar dengan menggunakan Meshy dan Polycam

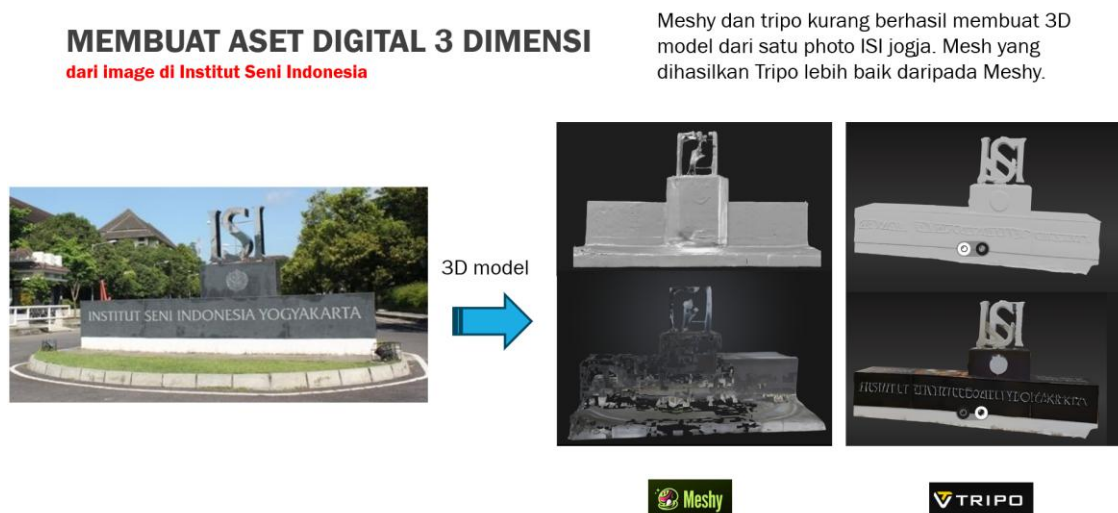
Rekonstruksi Boeing 737-200 dari Satu Gambar. Pesawat lain di STTKD, Boeing 737, digunakan untuk membuat model 3D dari satu foto dengan latar belakang yang dihapus menggunakan MESHY. Konsisten dengan eksperimen sebelumnya, MESHY berhasil menghasilkan model 3D yang baik

hanya dari satu gambar yang telah diedit. Hal ini memperkuat ide bahwa AI MESHY efektif dalam merekonstruksi objek umum berdasarkan data pelatihannya. Meskipun kualitas mesh dinilai baik, teksturnya masih bisa lebih tajam jika menggunakan gambar input dengan resolusi lebih tinggi.



Gambar 7: Pembuatan model 3d Boeing 737 dari saatu gambar dengan menggunakan Meshy

Rekonstruksi objek ISI dari image satu foto depan dari gerbang Institut Seni Indonesia (ISI) digunakan pada aplikasi MESHY dan Tripo, tetapi keduanya tidak sepenuhnya berhasil membuat model 3D. Tripo menghasilkan mesh yang lebih baik dibandingkan MESHY, kemungkinan karena kemampuan Tripo memproses multi-gambar memberikannya keunggulan meskipun hanya menggunakan satu foto. Disarankan menggunakan beberapa foto dari sisi depan, samping, dan belakang dengan Tripo untuk hasil yang lebih baik.



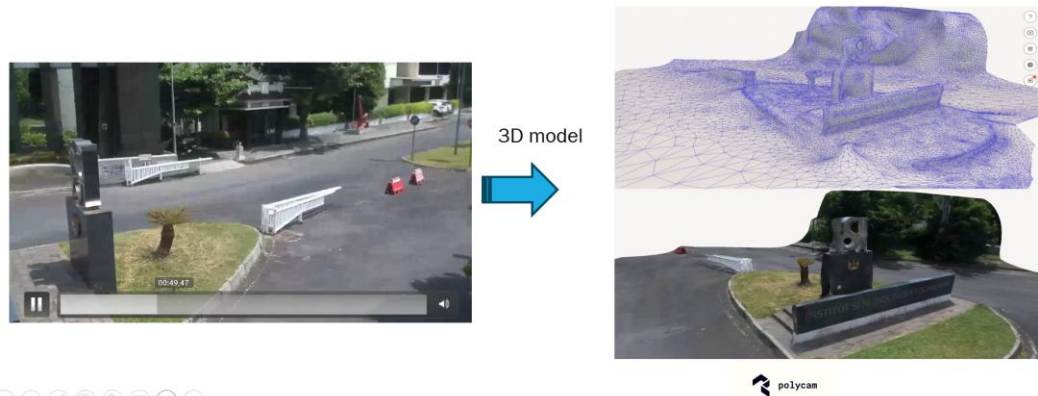
Gambar 8: Pembuatan model 3d objek ISI dari satu gambar dengan menggunakan Meshy dan Tripo

Rekonstruksi objek ISI dari Video Gerbang ISI kemudian direkonstruksi dari video berdurasi 2 menit 40 detik menggunakan Polycam, dan hasilnya cukup berhasil. Video tersebut memiliki kualitas baik dan sudut pandang lengkap, memungkinkan Polycam untuk memodelkan gerbang ISI dan logo-nya dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa dengan kualitas video yang baik dan rekaman menyeluruh, Polycam mampu menghasilkan model 3D yang representatif.

MEMBUAT ASET DIGITAL 3 DIMENSI

dari video di Institut Seni Indonesia

Polycam cukup berhasil membuat 3D model dari video ISI jogja selama 2:40 menit. Terlihat patung ISI dan logonya termodelkan dengan baik.



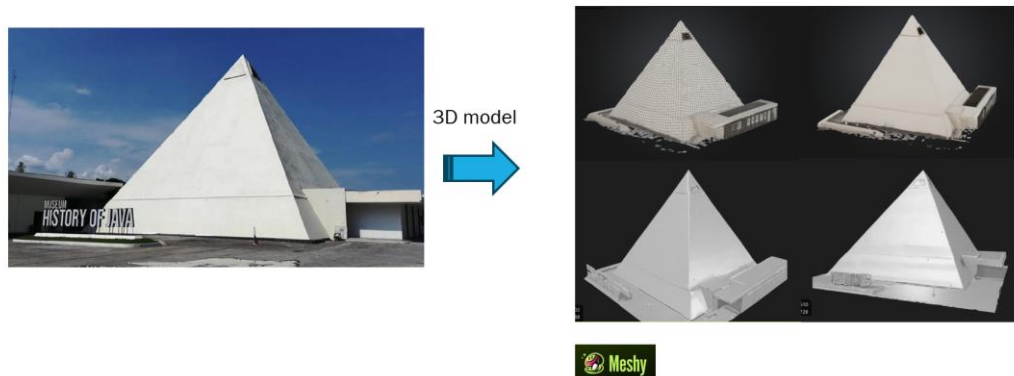
Gambar 9: Pembuatan model 3d objek ISI dari video dengan menggunakan Polycam

Rekonstruksi Museum Java dari single image. Fokus beralih ke rekonstruksi struktur yang lebih besar. Satu gambar isometrik dari Museum Java, bangunan berbentuk piramida dengan tulisan di bagian depan, diproses menggunakan MESHY. Aplikasi MESHY berhasil membuat model 3D dari gambar tunggal tersebut, termasuk bentuk piramida dan bangunan tetangga. Namun, tulisan non-padat menghasilkan noise. MESHY mampu memprediksi sisi-sisi yang tidak terlihat dan memperkirakan panjang bangunan tetangga secara logis, menunjukkan keandalan dalam menangani struktur simetris.

MEMBUAT ASET DIGITAL 3 DIMENSI

dari image di Meseum Java

Meshy cukup berhasil membuat 3D model dari satu photo bangunan meseum jogja. Namun masih memberikan noise sekitar objek text yang memang bukan objek solid.



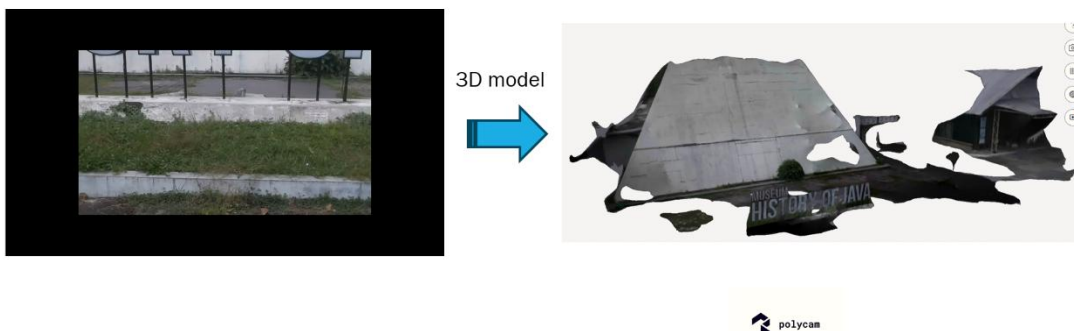
Gambar 10: Pembuatan model 3d objek Museum Java dari satu gambar dengan menggunakan Meshy

Rekonstruksi Museum Java dari video menggunakan Polycam tidak berhasil. Meskipun video berdurasi 2 menit 42 detik, data tidak lengkap karena rekaman drone hanya menangkap bagian bawah bangunan tinggi tersebut, sedangkan sisi dan bagian belakang tidak terjangkau. Karena Polycam tidak menggunakan AI prediktif, ia tidak mampu merekonstruksi bagian atas atau sisi yang tidak terlihat. Ini menunjukkan bahwa untuk bangunan besar dengan data video tidak lengkap, pendekatan AI dari gambar tunggal atau multi-gambar lebih cocok.

MEMBUAT ASET DIGITAL 3 DIMENSI

dari video di Meseum Java

Polycam kurang berhasil membuat 3D model dari video bangunan mesum jogja selama 2:42 menit. Data video tidak lengkap, tidak ada bagian atas, bagian samping dan belakang.



Gambar 11: Pembuatan model 3d objek Museum Java dari video dengan menggunakan Polycam

Rekonstruksi Gedung Krapyak dari Satu Foto. Eksperimen berikutnya mencoba membuat model 3D dari gedung Krapyak menggunakan satu foto tampak depan melalui MESHY.ai dan Polycam. Kedua aplikasi berhasil membuat model 3D dari satu gambar, tetapi hasil mesh dari MESHY jauh lebih baik. Hasil dari Polycam juga cukup baik, tetapi tidak sehalus MESHY, kemungkinan karena pendekatan Polycam yang lebih mengandalkan fotogrametri dibandingkan pendekatan AI yang digunakan oleh MESHY.

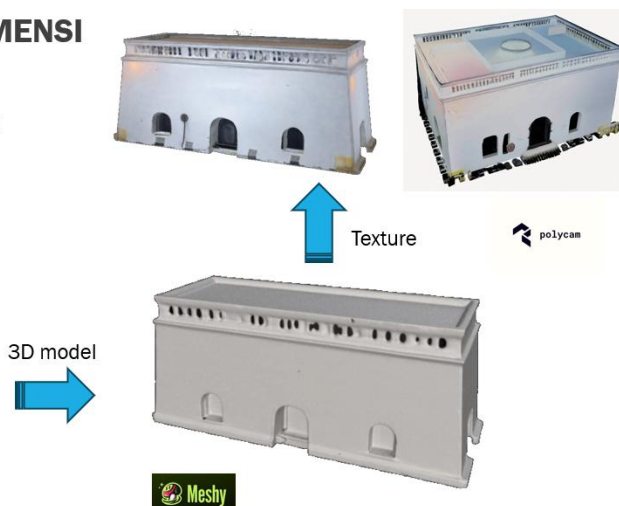
MEMBUAT ASET DIGITAL 3 DIMENSI

dari photo

Meshy dan Polycam berhasil membuat 3D model dengan baik dari 1 photo depan. Meshy menghasilkan mesh yang lebih baik.



Krapyak



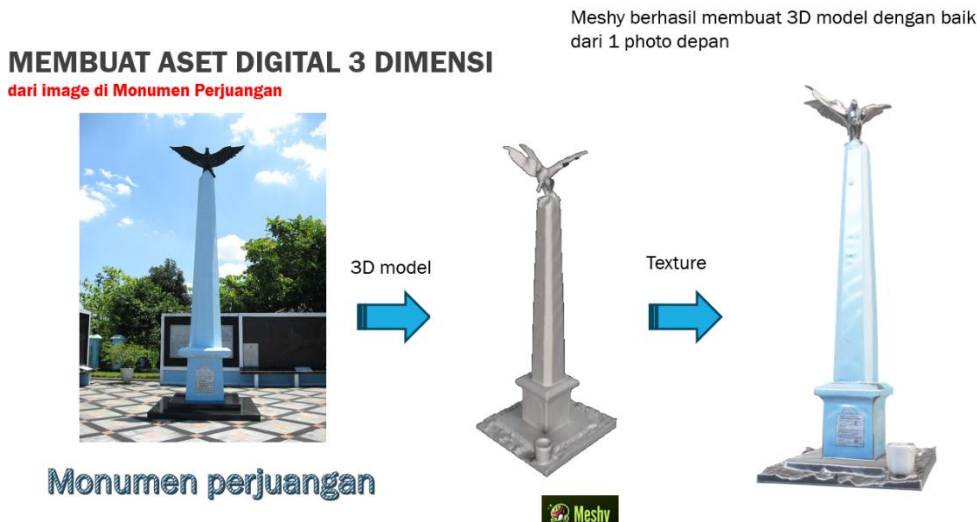
Gambar 12: Pembuatan model 3d objek Krapyak dari satu gambar dengan menggunakan Meshy dan Polycam

Gagalnya Rekonstruksi dari Video Gedung Krapyak. Upaya merekonstruksi gedung Krapyak menggunakan video dengan Polycam dan 3D Presso gagal. Kegagalan ini disebabkan kurangnya tumpang tindih antar *frame* video dan tidak adanya cakupan menyeluruh dari semua sisi objek selama perekaman, yang sangat penting untuk rekonstruksi 3D berbasis video. Video tersebut juga terdiri dari beberapa klip yang disatukan, yang kemungkinan menyebabkan transisi tiba-tiba dan menghambat proses rekonstruksi. Ini menekankan pentingnya kualitas data video yang baik untuk pemodelan 3D berbasis video.



Gambar 13: Pembuatan model 3d objek Krapyak dari video dengan menggunakan Polycam dan 3DPresso

Rekonstruksi Monumen Perjuangan dari Satu Foto. Selanjutnya, model 3D dari Monumen Perjuangan dibuat dari satu foto tampak depan menggunakan MESHY. Aplikasi MESHY berhasil merekonstruksi model 3D meskipun monumen tersebut cukup tinggi (sekitar 8 meter) dan memiliki patung burung di puncaknya. AI-nya bahkan mampu merekonstruksi burung tersebut secara representatif hanya dari tampilan depan, menunjukkan kecanggihan kemampuan AI MESHY. Tempat sampah yang juga terlihat dalam foto tersebut turut direkonstruksi, menandakan bahwa MESHY mampu mengenali dan memodelkan berbagai objek dalam satu gambar. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa untuk objek umum, data video mungkin tidak selalu diperlukan ketika menggunakan aplikasi berbasis AI seperti MESHY.



Gambar 14: Pembuatan model 3d objek Monumen Perjuangan dari satu gambar dengan menggunakan Meshy

Beberapa poit penting dari hasil kasus di atas:

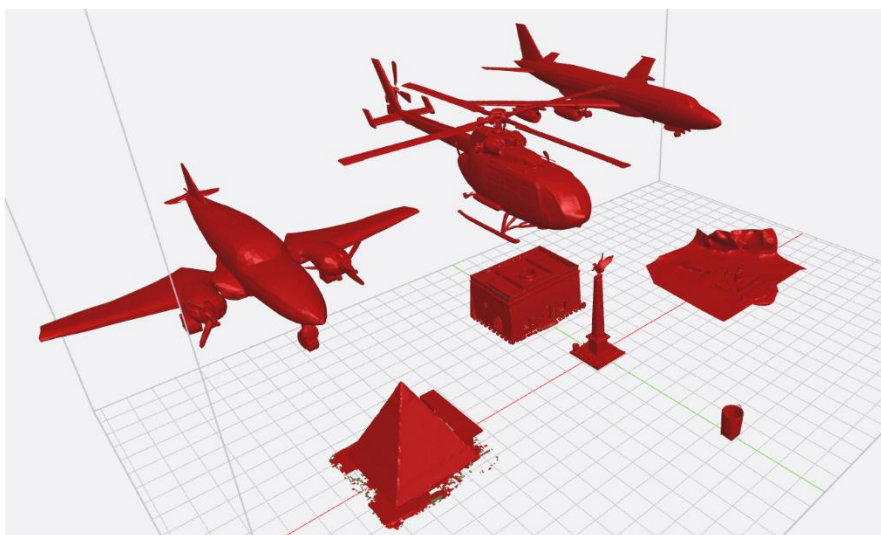
- Tidak ada aplikasi yang unggul mutlak. Masing-masing memiliki kekuatan spesifik berdasarkan jenis data input dan objek.
- Polycam cocok untuk rekonstruksi berbasis video dengan objek besar dan video menyeluruh. Namun tidak bisa memprediksi sisi tak terlihat.

- 3D Presso unggul untuk rekonstruksi video objek kecil, terutama jika latar sederhana dan pencahayaan konsisten.
- MESHY memiliki kemampuan AI prediktif yang sangat baik, terutama untuk struktur simetris dari satu gambar.
- Tripo menjanjikan untuk rekonstruksi berbasis foto, namun lebih maksimal bila menggunakan multi-foto.
- Solusi berbasis AI menunjukkan potensi besar dalam rekonstruksi dari gambar/foto tunggal. Untuk pemrosesan video, potensinya sangat menjanjikan, walaupun saat ini Polycam dan 3Dpresso mampu menghasilkan gambar 3D, jika data gambarnya menyeluruh 80% overlap, background tidak kompleks, dan pencahayaan merata.
- Pendekatan multi-sudut pandang sangat penting untuk menghasilkan model yang akurat dan detail.
- Kualitas data input yang tinggi, dengan tumpang tindih yang cukup dan kontrol terhadap faktor lingkungan, sangat menentukan keberhasilan rekonstruksi model 3D—terlepas dari perangkat lunak yang digunakan.

Aplikasi Model 3D dalam IdeaMaker [8] dan Unreal Engine [20]

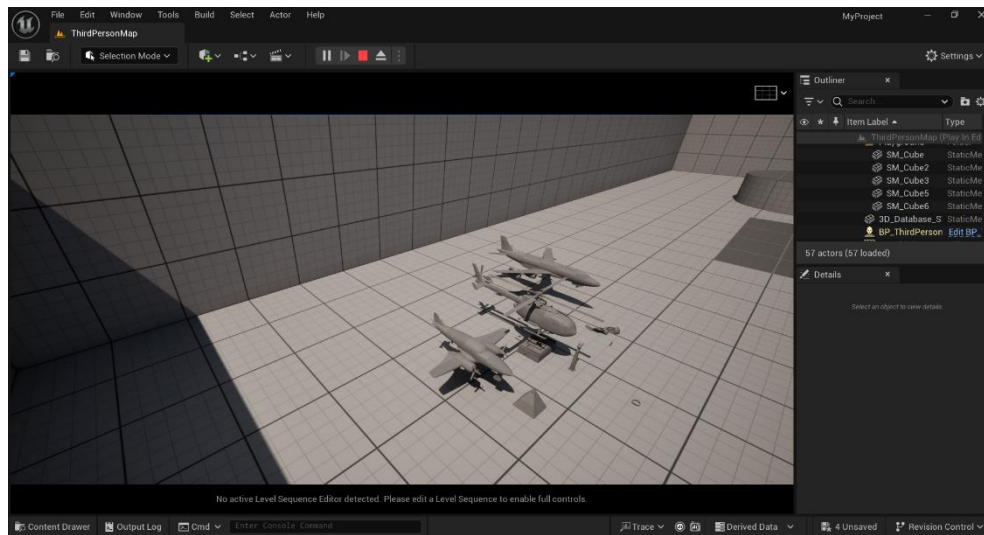
Model 3D yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki potensi untuk berbagai aplikasi di luar visualisasi. Penelitian ini mengeksplorasi penggunaan model 3D di *IdeaMaker* untuk *3D printing* dan di *Unreal Engine* untuk pengembangan game.

- **IdeaMaker:** *IdeaMaker* adalah perangkat lunak slicer 3D yang memungkinkan pengguna untuk menyiapkan model 3D untuk dicetak. Model 3D yang direkonstruksi dapat diimpor ke *IdeaMaker*, dioptimalkan untuk pencetakan, dan kemudian dicetak menggunakan printer 3D. Ini membuka jalan untuk membuat replika fisik dari objek yang dipindai, yang berpotensi untuk aplikasi seperti pelestarian budaya, manufaktur, dan pendidikan.
- **Unreal Engine:** *Unreal Engine* adalah mesin game populer yang menawarkan kemampuan rendering yang realistis dan alat interaktif. Model 3D yang direkonstruksi dapat diimpor ke *Unreal Engine* untuk membuat lingkungan virtual, simulasi, dan game. Ini memungkinkan visualisasi imersif dari objek dan ruang yang dipindai, yang berpotensi untuk aplikasi seperti pariwisata virtual, pelatihan, dan hiburan.



Gambar 15: Mencetak potensi Sewon dalam bentuk fisik. Di *IdeaMaker*, model 3D pesawat STTKD, Museum Java, Monumen Perjuangan, Gedung Krapyak, dan Gerbang ISI siap diwujudkan menjadi miniatur. Ini bermanfaat sebagai media edukasi taktil bagi pelajar,

souvenir unik khas daerah, atau visualisasi fisik rencana pengembangan wilayah. 3D printing membuka peluang baru untuk berinteraksi dengan aset daerah secara nyata.



Gambar 16. Memindahkan aset model 3D sewon kedalam *Unreal Engine* merupakan langkah awal untuk menghadirkan pengalaman virtual yang imersif dan interaktif. Bayangkan virtual tour yang memungkinkan siapa saja menjelajahi kokpit pesawat atau aplikasi edukatif yang menjelaskan bagian-bagiannya secara mendalam. Potensi untuk pariwisata, edukasi, dan promosi daerah semakin terbuka lebar.

Implikasi untuk Pembangunan Digital Twin dan Smart City

Kemampuan untuk membuat model 3D yang akurat dan detail dari data yang diperoleh drone memiliki implikasi yang signifikan untuk pembangunan digital twin dan inisiatif *smart city*. Digital twin, sebagai representasi virtual dari objek dan sistem fisik, dapat memfasilitasi pemantauan *real-time*, analisis, dan simulasi. Ini, pada gilirannya, dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengoptimalkan sumber daya, dan meningkatkan perencanaan perkotaan.

Model 3D yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat diintegrasikan ke dalam platform digital twin untuk menyediakan representasi visual yang kaya dari Kecamatan Sewon. Ini dapat mendukung berbagai aplikasi *smart city*, seperti:

- **Perencanaan Tata Ruang:** Memvisualisasikan proposal pengembangan baru dan menilai dampaknya terhadap lingkungan yang ada [2].
- **Pengelolaan Infrastruktur:** Memantau kondisi infrastruktur penting, seperti jalan dan jembatan, dan mengidentifikasi potensi masalah pemeliharaan.
- **Mitigasi Bencana:** Mensimulasikan skenario bencana dan merencanakan respons yang efektif.
- **Pariwisata:** Membuat pengalaman wisata virtual yang imersif untuk mempromosikan warisan budaya dan atraksi lokal.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan drone dan teknologi rekonstruksi 3D merupakan metode yang efektif dan efisien untuk menghasilkan aset 3D yang penting untuk pembangunan digital twin. Implementasi digital twin di Kecamatan Sewon memiliki potensi besar untuk mendukung pengembangan *smart city* dengan memfasilitasi pengelolaan infrastruktur yang lebih baik, perencanaan tata ruang yang lebih efektif, dan *mitigasi bencana* yang lebih baik.

Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya meliputi:

- Pengembangan metode otomatisasi untuk pembaruan model 3D secara berkala.
- Integrasi data sensor lain (seperti LiDAR dan termal) untuk meningkatkan informasi yang terkandung dalam digital twin.
- Pengembangan aplikasi digital twin yang spesifik untuk kebutuhan pemerintah daerah dan masyarakat.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dapat terlaksana berkat dukungan dan pendanaan dari Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan (STTKD) melalui program internal penelitian P3M. Ucapan terima kasih kami sampaikan atas kesempatan dan fasilitas yang diberikan.

Daftar Pustaka

- [1] 3Dpresso.ai (Situs Web Resmi). Available at: <https://3dpresso.ai/> (Accessed: April 19, 2025).
- [2] Azuma, R.T. (1997) 'A survey of augmented reality', *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), pp. 355-385. doi: 10.1162/pres.1997.6.4.355.
- [3] Badan Pusat Statistik Kabupaten Bantul (2023) Kecamatan Sewon dalam Angka 2023. Available at: <https://bantulkab.bps.go.id> (Accessed: 12 July 2024).
- [4] Colomina, I. and Molina, P. (2014) 'Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review', *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, pp. 79-97. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013.
- [5] Falconer, G. and Mitchell, S. (2012) 'Smart City Framework – A Systematic Process for Enabling Smart+Connected Communities', Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), pp. 1-11. Available at: <https://www.cisco.com> (Accessed: 12 July 2024).
- [6] Glaessgen, E. and Stargel, D. (2012) 'The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles', *AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference*, pp. 1-14. doi: 10.2514/6.2012-1818.
- [7] Grieves, M. and Vickers, J. (2017) 'Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems', in Kahlen, F.-J., Flumerfelt, S. and Alves, A. (eds.) *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches*. Cham: Springer, pp. 85-113. doi: 10.1007/978-3-319-38756-7_4.
- [8] IdeaMaker (Situs Web Resmi). Available at: <https://www.raise3d.com/ideamaker/> (Accessed: April 19, 2025).
- [9] Liebelt, S. and Schmid, C. (2010) 'Multi-view object class detection with a 3D geometric model', *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 1688-1695. doi: 10.1109/CVPR.2010.5539806.
- [10] Meshy.ai (Situs Web Resmi). Available at: <https://www.meshy.ai/> (Accessed: April 19, 2025).
- [11] Mildenhall, B., Srinivasan, P. P., Tancik, M., Barron, J. T., Ramamoorthi, R., & Ng, R. (2020). NeRF: Representing Scenes as Neural Radiance Fields for View Synthesis. *European Conference on Computer Vision (ECCV)*.
- [12] Mur-Artal, R., and Tardós, J. D. (2017). ORB-SLAM2: An Open-Source SLAM System for Monocular, Stereo, and RGB-D Cameras. *IEEE Transactions on Robotics*, 33(5), 1255–1262.
- [13] Nguyen, H., Doan, M., and Nguyen, V. (2019) 'Application of UAV (Drone) Technology in Building 3D Modeling and Digital Twin of Construction Works', *Journal of Science and Technology*, 56(1), pp. 50-56. doi: 10.15625/2525-2518/56/1/13389.
- [14] Polycam (Situs Web Resmi). Available at: <https://poly.cam/> (Accessed: April 19, 2025).
- [15] Riaz, Z., Arslan, M. and Kiani, M.F. (2014) 'Utilizing drones for construction site safety monitoring and management', *Procedia Engineering*, 85, pp. 217-224. doi: 10.1016/j.proeng.2014.10.545.
- [16] Schonberger, J. L., & Frahm, J. M. (2016). Structure-from-Motion Revisited. *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*.
- [17] Snavely, N., Seitz, S. M., & Szeliski, R. (2006). Photo Tourism: Exploring Photo Collections in 3D. *ACM SIGGRAPH*, 25(3), 835–846.
- [18] Tripo.ai (Situs Web Resmi). Available at: <https://www.tripo3d.ai/> (Accessed: April 19, 2025).
- [19] Ullman, S. (1979). The Interpretation of Structure from Motion. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 203(1153), 405–426.
- [20] Unreal Engine (Situs Web Resmi). Available at: <https://www.unrealengine.com/> (Accessed: April 19, 2025).

- [21] Zhang, Z., Li, H., & Dai, F. (2015). Sensor Fusion for Aerial Photogrammetry. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 100, 134–140.
- [22] Zhang, Z., Zhan, K. and Zhou, H. (2018) '3D reconstruction from multiple views: A survey', *Computer Vision and Image Understanding*, 162, pp. 1-22. doi: 10.1016/j.cviu.2017.08.004