

# VISUALISASI 3 DIMENSI KAWASAN CAGAR BUDAYA MENGGUNAKAN CITYENGINE DENGAN WAHANA QUADKOPTER “Kompleks Candi Ijo, Kec. Prambanan, Yogyakarta”

Arnellya Fitri  
[arnellyafitri@gmail.com](mailto:arnellyafitri@gmail.com)

Barandi Sapta Widartono  
barandi @geo.ugm.ac.id

## Abstract

*Cultural heritage preservation must be supported by documentation, mapping and modeling. Recording cultural heritage is necessary for 3D visualization. 3D visualization is important for the conservation, rehabilitation and sustainable maintenance of existing structures in historic buildings. Currently, the development of science and technology on the utilization of UAV (Unmanned Aerial Vehicle) is growing rapidly, one of them use of aerial photography in archeology. The use of aerial photo data one alternative utilization of spatial data. The aircraft used is quadkopter and DJI Phantom 3 4K is a type of rotary wing more stable and precise than fixing wing. Advantages of aerial photography is more efficient job execution time, can reach small areas in a short time, and they cost less. 3D visualization using cityengine an alternative presentation of aerial photographs and 3D models. Shooting techniques used are ortophoto and orbit photograph. The method in this research that Bundle Block Adjustment. The purpose of this study mapping the heritage region and visualization 3D Ijo temple using CityEngine. The results of this research are 3D visualization Ijo temple complex, district. Prambanan, Yogyakarta.*

*Keywords: Cultural Heritage, 3D visualization, CityEngine, Quadkopter*

## Abstrak

*Pelestarian cagar budaya harus didukung oleh kegiatan pendokumentasian, pemetaan dan pemodelan. Perekaman warisan budaya diperlukan untuk visualisasi 3D. Visualisasi 3D penting dilakukan untuk konservasi, rehabilitasi dan pemeliharaan keberlanjutan struktur yang ada dalam bangunan bersejarah. Saat ini perkembangan ilmu dan teknologi mengenai pemanfaatan UAV (Unmanned Aerial Vehicle) berkembang pesat, salah satunya di bidang pemanfaatan foto udara di bidang arkeologi. Penggunaan data foto udara salah satu alternatif pemanfaatan data spasial. Pesawat yang digunakan adalah quadkopter dan DJI Phantom 3 4K yang merupakan jenis rotary wing yang lebih stabil dalam pemotretan udara sehingga hasil lebih presisi dibanding fixing wing. Kelebihan penggunaan pemotretan udara untuk mendapatkan data spasial yaitu lebih efisien waktu pelaksanaan pekerjaan, dapat menjangkau wilayah yang sempit dalam waktu singkat, dan biayanya lebih murah. Visualisasi 3D menggunakan cityengine menjadi alternatif penyajian foto udara dan model 3D. Teknik pemotretan yang digunakan adalah pemotretan tegak dan orbit. Metode dalam penelitian ini yaitu Block Bundle Adjustment. Tujuan penelitian ini pemetaan kawasan cagar budaya dan visualisi 3D candi Ijo menggunakan CityEngine. Hasil penelitian ini yaitu visualisasi 3D kawasan Candi Ijo, Kec. Prambanan, Yogyakarta.*

*Kata kunci: Cagar Budaya, visualisasi 3D, Cityengine, quadkopter*

## PENDAHULUAN

Pada tampilan awal, teknologi laser melampaui fotogrametri jarak dekat, karena akurasi dan tingkat otomatisasi yang tinggi (Skarlatos, 2012) . Boehlear et al, 2004 menyatakan fotogrametri mungkin sepenuhnya bisa digantikan oleh *laser scanner* 3D di masa depan. Namun, dalam beberapa tahun terakhir perkembangan fotogrametri digital berbasis komputer dapat menyeimbangi untuk menghasilkan model 3D yang cukup akurat. Seiring perkembangan kamera digital dan sistem komputer maka pengolahan foto memungkinkan untuk mendapatkan model 3D dengan berbasis foto.

Menurut Remondino et al. (2006), IBM (*Image Base Modelling*) masih tetap yang paling lengkap, ekonomis, portabel, fleksibel dan banyak digunakan. Walaupun begitu setiap pendekatan pemodelan 3D memiliki kelebihan dan kelemahan. Menurut Remondino et al, 2006 bahwa *laser scanner* mampu menghasilkan 3D dari *point cloud* dengan dengan akurasi geometris yang tinggi. Kelemahannya biaya tetap tinggi, membutuhkan operator yang ahli, memakan waktu akuisisi data, dan rendahnya kualitas warna untuk mendapatkan informasi tertentu.

Menurut (Kadobayashi, 2002) kelebihan *laser scanner* dapat menghasilkan 3D dari *point cloud* yang diperlukan untuk membuat resolusi tinggi model geometris, meskipun kualitas informasi warna kadang-

kadang lebih rendah dari yang dibutuhkan. Pengembangan tiga-dimensi (3D) *laser scanner* memiliki fungsi yang baik untuk rekaman, pelestarian, dan studi warisan sejarah dan budaya. *Laser scanner* secara otomatis mendigitalkan koordinat 3D dari bentuk kompleks dari sebuah objek. Hal ini memudahkan pembuatan model 3D objek secara rinci.

Kelemahan *laser scanner* kualitas gambar berwarna lebih buruk dari foto. Teknologi lain, fotogrametri digital, dapat menghasilkan tekstur resolusi tinggi, jika gambar asli memiliki piksel yang cukup, dan menghasilkan model 3D akurat dan pengolahan data yang efisien. Fotogrametri menggunakan kamera digital untuk mengambil foto baik secara terestrial ataupun *aerial photography* yang dapat digunakan untuk mengukur benda tiga dimensi, penggunaan yang lebih praktis dengan memanfaatkan kamera digital dan pengolahan menggunakan komputer. Keuntungan terbesar dari teknologi fotogrametri bahwa kita dapat memperoleh koordinat 3D akurat dari objek foto yang bertampalan.

Pendekatan yang paling praktis dan paling akurat dalam merekam, memodelkan dan memvisualisasikan situs sejarah dan arkeologi dengan cara menggabungkan laser scanning 3D dan fotogrametri digital (Beraldin, 2002). Pendekatan menggunakan fotogrametri digital menjadi salah satu alternatif pendekatan untuk mendapatkan visualisasi 3D dengan biaya yang relatif murah, pengolahan yang relatif mudah, dan hasil yang cukup akurat walaupun tidak sedetail

dan tidak seakurat *laser scanner*. Pemanfaatan wahana UAV untuk mendapatkan foto yang bertampalan untuk pengolahan berbasis gambar menjadi model 3D.

Visualisasi 3D sangat diperlukan dalam bidang arkeologi bertujuan untuk perekaman, dokumentasi dan keperluan rekonstruksi dalam kerangka perlindungan dan pemeliharaan benda cagar budaya. Visualisasi 3D monumen cagar budaya memiliki tantangan seperti data akuisisi, persiapan, dan pengolahannya. Visualisasi 3D dari objek dapat memakan waktu dan kompleksitas struktur dari objek. Cagar budaya adalah warisan budaya yang bersifat kebendaan baik berupa benda cagar budaya yang ada di darat dan atau di air yang perlu dilestarikan keberadaannya karena memiliki nilai penting bagi sejarah, ilmu pengetahuan, pendidikan, agama, dan atau kebudayaan melalui proses penetapan terdapat dalam Undang-undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2010 pasal 1.

Cagar budaya bernilai penting sehingga perlu dilakukan pendokumentasian karena menjadi aset budaya bagi suatu daerah. Pendokumentasian tidak hanya sebatas dokumentasi berupa arsip foto, arsip peninggalan benda-benda bersejarah, tetapi juga bisa dilakukan pemodelan 3D dan pemetaan kawasan cagar budaya tersebut. Salah satu cagar budaya yang bisa dilakukan pemodelan dan pemetaan tersebut yaitu candi. Candi termasuk salah satu cagar budaya yang dilindungi. Candi Ijo, Kec. Prambanan, Yogyakarta

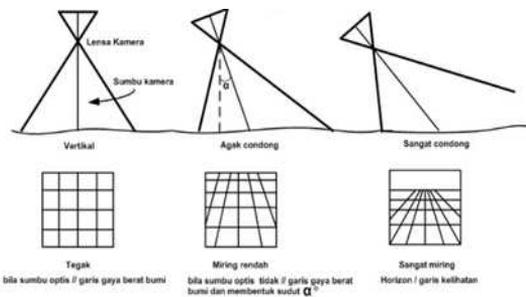
merupakan salah satu candi yang berada di atas puncak bukit yang memiliki ketinggian 450 mdpl ([www.candi.perpusnas.go.id](http://www.candi.perpusnas.go.id)). Tujuan dari penelitian ini adalah visualisasi 3D menggunakan *cityengine* dengan menggunakan data foto udara.

Penginderaan jauh sistem fotografi pada dasarnya menggunakan tenaga alamiah yaitu matahari yang menjadi sumber tenaga yang utama, sedangkan sinar bulan dan sinar buatan bisa digunakan pada waktu malam hari. Pemindaian objek atau pemotretan dapat dilakukan dari udara maupun dari antariksa. Sistem penginderaan jauh fotografi adalah sistem penginderaan jauh yang merekam objek dengan menggunakan kamera sebagai sensor, film sebagai *detektor* dan menggunakan tenaga *elektromagnetik* yang berupa *spektrum* tampak dan perluasnya (Sutanto, 1994).

Beberapa keuntungan sistem fotografi dibandingkan dengan sistem elektronik yakni: (1) lebih sederhana, (2) lebih murah, (3) resolusi spasialnya baik, dan (4) integritas geometriknya baik. Sistem elektronik mempunyai kelebihan dalam hal penggunaan spektrum elektromagnetik yang lebih luas, kemampuan yang lebih besar dan lebih pasti dalam membedakan karakteristik spektral objek, dan proses analisis yang lebih cepat (Lillesand dan Kiefer, 1979).

Foto udara merupakan hasil perekaman fotografi yang bisa menjadi data penginderaan jauh. Kelebihan foto udara yaitu memiliki resolusi spasial

yang tinggi, cakupan informasi lengkap, objek sesuai kenampakan aslinya, dan kemampuan merepresentasikan objek tiga dimensi (Sutanto, 1995). Foto udara memiliki kemampuan 0,4 – 0,7  $\mu\text{m}$  sehingga kenampakan di lapangan sesuai warna sebenarnya (gelombang tampak). Berdasarkan arah sumbu kamera, foto udara dibagi menjadi foto udara vertikal dan condong. Warner et al. (1997) memperjelas batasan foto udara vertikal adalah foto udara yang diambil dengan kemiringan sumbu  $0^\circ$  (tegak lurus) hingga maksimal  $5^\circ$ . Foto condong masih dapat dibagi lagi menjadi dua, foto agak condong dengan nilai kecondongan lebih dari  $5^\circ$  dan foto sangat condong dimana cakrawala terlihat dalam foto tersebut.

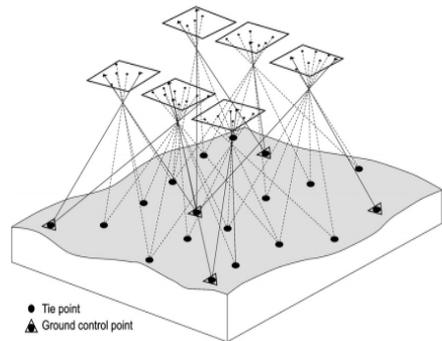


Gambar 1.1 Jenis foto udara berdasarkan sudut pengambilan gambar (Sutanto, 1995)

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan *Block Bundle Adjustment*. Metode Block Bundle Adjustment merupakan metode pengembalian posisi koordinat foto udara pada saat pemotretan dalam koordinat tanah atau koordinat

geografis permukaan bumi. Metode ini menghubungkan foto udara yang bertampalan dalam interaksi ruang pada titik-titik tie point. Penentuan tie point dengan cara menandai titik-titik yang bersesuaian dengan foto udara yang bertampalan. Pengembalian posisi tersebut dengan mengacu pada nilai koordinat tanah yang diperoleh dari Ground Control Point (GCPs). Minimal 3 GCPs untuk membentuk tie point. GCP berfungsi sebagai orientasi absolut. Pengukuran tersebut salah satunya bisa dengan menggunakan GPS geodetik.



Gambar 1.2 Prinsip block bundle adjustment (Aber et al, 2010)

Alat dan bahan yang digunakan :

1. Wahana Quadkopter
2. Wahana DJI Phantom 3 4K
3. Kamera canon S110
4. GPS geodetic
5. Agisoft Photoscan
6. ArcGIS
7. Esri *Cityengine*

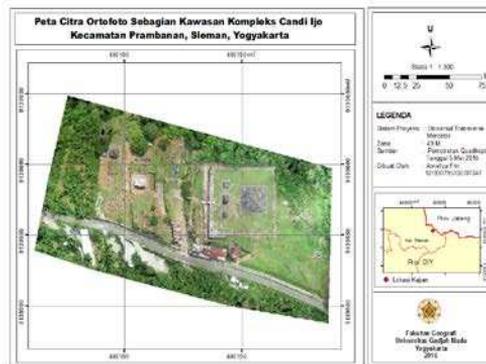
Penggunaan wahana quadkopter untuk mendapatkan data foto udara tegak, sedangkan penggunaan DJI Phantom 3 4K digunakan untuk pemotretan udara orbit. Data yang dihasilkan berupa data objek dan data

area dimulai dari tahap perolehan data dimulai dari pra-akuisisi, akuisisi, dan pasca akuisisi. Tahapan pra-akuisisi data terdiri dari perencanaan model quadkopter, kalibrasi sensor, waktu perekaman, perencanaan penerbangan wahana, perencanaan *Ground Control Point* (GCP). Tahap akuisisi data yaitu pemotretan lapangan dan pengecekan lapangan. Tahapan pasca akuisisi data terdiri dari pemilihan foto, proses georegistrasi, rektifikasi, mosaik citra, DSM, citra ortofoto, dan visualisasi 3D dengan cityengine. Teknik pemotretan yang dilakukan dua cara yaitu pemotretan tegak dan condong. Data objek candi didapatkan dari pemotretan udara secara condong untuk mendapatkan model 3D. sedangkan untuk basemapnya menggunakan citra ortofoto dari pemotretan tegak terhadap kawasan candi. Hasil dari pemotretan dikoreksi untuk mendapatkan hasil data yang benar secara geometrik, sedangkan untuk visualisasinya menggunakan cityengine.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemotretan udara tegak untuk kawasan candi menggunakan wahana quadkopter. Pemotretan dilakukan pada tanggal 5 Mei 2016. Ketinggian pemotretan 45 meter dari permukaan tanah. Luas area kajian 1,2 Ha yang terdiri dari teras VIII-XI dari kawasan kompleks candi Ijo. Tingkat akuisisi dari pemanfaatan foto udara menggunakan quadkopter menghasilkan data spasial yang memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Resolusi spasial 1.64 cm. Peta citra

yang dihasilkan memiliki tingkat akurasi horizontal 99.73 % dan tingkat akurasi vertikal 98.62%. Berikut ini hasil peta citra ortofoto yang digunakan untuk peta dasar di *CityEngine* :



Gambar 1.3 Peta Citra Ortofoto Sebagian Kompleks Candi Ijo

Pembuatan visualisasi 3D candi Ijo menggunakan cityengine bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan foto udara sebagai penyedia data. Penggunaan *CityEngine* sebagai salah satu perangkat lunak yang berfungsi sebagai visualisasi 3D berbasis spasial yang digunakan sebagai pembuktian pemanfaatan di bidang cagar budaya dan arkeologi. Visualisasi 3D di kompleks candi Ijo difokuskan pada candi utama saja yaitu candi Induk. Ekstraksi informasi pada foto udara terdiri dari hasil pengolahan citra ortofoto dan pemodelan 3D. Citra ortofoto yang sudah terkoreksi digunakan untuk menentukan luasan area candi induk dan bentuk wadah candi.

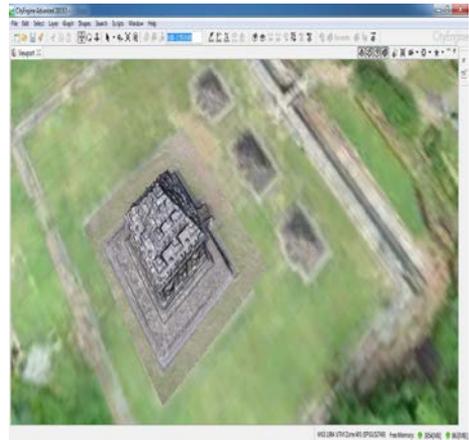


Gambar 1.4 Model 3D candi Ijo

Model 3D diatas didapatkan dari pemotretan orbit dengan menggunakan wahana DJI Phantom 3 4K menghasilkan hasil yang baik untuk mendapatkan gambaran setiap aspek detail candi. Model 3D dari foto udara tidak dilakukan uji akurasi karena hanya bertujuan untuk mendapatkan aspek detail candi secara 3D. Setiap detail candi dapat dimodelkan dengan baik sehingga informasi penting seperti tangga, hiasan makara pintu, relung dan hiasan kala-makara relung, dan informasi atap seperti tingkatan, ratna, kemuncak, dan hiasan atap detail.

Visualisasi 3D candi Ijo yang ditampilkan dengan *base map* yaitu citra ortofoto. Hasil model 3D pada *CityEngine* memanfaatkan data foto udara dengan teknik pemotretan orbit. Data model 3D foto udara menghasilkan kualitas model 3D yang bagus sebagai data inputnya. Aspek kedetilan objek candi yang diolah di agisoft menghasilkan model 3D dengan kualitas tinggi. Tekstur candi dari atap sampai dasar candi terlihat detail pada saat *zoom* pada model. Berikut ini adalah tampilan model 3D

hasil pemotretan orbit yang ditampilkan di *CityEngine* :



Gambar 1.5 Model 3D di *CityEngine*

Export model 3D dari software Agisoft memfasilitasi untuk penyesuaian koordinat pada model. Format yang digunakan untuk menampilkan model 3D pada *CityEngine* adalah .kmz. Pada format ini ukuran model sesuai dengan input data dan tekstur warna pada model dapat ditampilkan. Pembuatan visualisasi 3D Candi Ijo menggunakan *CityEngine* bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan foto udara sebagai penyedia data. Penggunaan *CityEngine* sebagai salah satu perangkat lunak yang berfungsi sebagai visualisasi 3D berbasis spasial yang digunakan sebagai pembuktian pemanfaatan di bidang cagar budaya dan arkeologi. Visualisasi 3D di kompleks Candi Ijo difokuskan pada candi Induk. Pemilihan candi Induk dikarenakan objek utama yang memiliki informasi arkeologi yang dicari banyak terdapat di candi Induk Ijo yang menjadi karakteristik utama kompleks candi ini.

Tampilan visualisasi candi induk dari data input model 3D hasil teknik pemotretan orbit pada candi induk. Hasil pemodelan memiliki batas arsitektur candi yang jelas dan detail sehingga informasi arkeologi dipertahankan. Tampilan visualisasi model 3D pada *CityEngine* mengalami pengurangan detail candi. Terutama bagian selasar, batur candi, batur dan makara tangga. Batas bagian selasar dan batur terbentuk kurang sempurna sehingga bagian batur bagian bawah bertekstur kasar.

## KESIMPULAN

### 1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah penyajian informasi arkeologi dengan memanfaatkan data spasial fotografi udara dalam bentuk model 3D. Model ini dihasilkan dari teknik pemotretan orbit. Model 3D yang dihasilkan detail sehingga struktur candi dari batur sampai atap candi Ijo detail dan kualitas bagus. Model 3D ini menjadi data input yang baik untuk pengolahan lanjut di *CityEngine* dan mampu mempertahankan aspek detail arkeologi candi.

### 2. Saran

Sebaiknya sebelum menampilkan hasil model di *cityengine*, data model 3D memiliki kualitas yang baik sehingga pada saat export model hasil tampilan model di *CityEngine* juga bagus.

## DAFTAR PUSTAKA

Aber et al. 2010. Small Format Aerial

Photogrammetry. Principles, Techniques and Geoscience Application, Netherland : Elsevier.

Beraldin, J., Blais, F., Boulanger, P., Cournoyer, L., Domey, J., El-Hakim, S.F., Godin, G., Rioux, M., Taylor, J. (2000). Real world modelling through high resolution 3D imaging of objects and structures. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 55 (2000), pp. 230-250.

Boehler, W., Marbs, A., 2004. 3D scanning and photogrammetry for heritage recording: a comparison. *Proceedings of the 12th International Conference on Geoinformatics*, University of Gavle, Sweden, pp. 291–298.

Kadobayashi, R., Kochi, N., Otani, H., Furukawa, R., 2004. Comparison and evaluation of laser scanning and photogrammetry and their combined use for digital recording of cultural heritage. In: *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 35(5), pp. 401–406.

Lillesand, T.M. dan R.W. Kiefer, 1979. *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley and Sons, New York

Remondino, F., and El-Hakim, S. (2006). Image-based 3D Modelling: A Review. *Photogramm. Rec.* 21, pp. 269–291.

Sutanto. 1994. Penginderaan Jauh Jilid  
2, Gadjah Mada University  
Press : Yogyakarta

Sutanto. 1995. Penginderaan Jauh Jilid  
1, Gadjah Mada University  
Press : Yogyakarta

Undang-undang Republik Indonesia  
Nomor 11 Tahun 2010 pasal 1.

[www.candi.perpusnas.go.id](http://www.candi.perpusnas.go.id)