

INTISARI

Pemodelan 3D Cagar Budaya Situs Warungboto merupakan salah satu upaya pelestarian cagar budaya untuk melindungi informasi struktur situs apabila terjadi bencana alam khususnya gempa bumi dan efek letusan gunung berapi melalui pembuatan model 3D area situs secara digital. Model 3D juga dapat digunakan untuk tujuan dokumentasi maupun visualisasi secara 3D melalui *platform Virtual Reality (VR)* dan *Augmented Reality (AR)*. Fotogrametri sferikal merupakan salah satu alternatif metode yang dapat digunakan dalam pemodelan 3D untuk obyek Cagar Budaya. Keunggulan metode ini adalah mampu meningkatkan *overlap* set data yang diperoleh dan mempercepat proses akuisisi data. Hal ini dimungkinkan dengan penggunaan panorama sferikal yang ditangkap menggunakan dua lensa *fisheye* untuk menghasilkan foto dengan sudut pandang ke segala arah/*omnidirectional*. Kegiatan aplikatif ini bertujuan untuk memperoleh model 3D Situs Warungboto melalui pemodelan 3D menggunakan kamera sferikal 360°.

Pada kegiatan aplikatif ini, pemodelan 3D dilakukan pada Cagar Budaya Situs Warungboto menggunakan kamera 360°, yaitu Insta360 X3. Rangkaian proses pemodelan 3D terdiri dari kegiatan survei pendahuluan, akuisisi data, pemrosesan data foto, pemodelan 3D berdasarkan *point cloud*, transfer tekstur model 3D, visualisasi model 3D serta uji akurasi geometri. Survei pendahuluan dilakukan untuk orientasi spasial dengan melakukan pembuatan sketsa, perencanaan jalur pemotretan serta perencanaan posisi titik *marker* yang akan digunakan sebagai *Ground Control Point (GCP)* dan *Independent Check Point (ICP)*. Proses akuisisi data meliputi proses akuisisi foto dengan kamera 360°, pengukuran koordinat titik kontrol, pengukuran koordinat *marker* serta pengukuran sampel dimensi pada berbagai area situs. Pengolahan data foto pada kegiatan aplikatif ini dilakukan menggunakan algoritma *Structure from Motion - Multi-view Stereo (SfM-MVS)* dimana meliputi tahapan *align camera* dan pembentukan *tie point*, reduksi *tie point* dengan parameter *confidence*, *marking* titik kontrol, pembentukan *point cloud* serta pembentukan *mesh* dan tekstur. Hasil dari pengolahan fotogrametris ini adalah *point cloud* dan *textured mesh* beresolusi tinggi. *Point cloud* digunakan sebagai referensi untuk proses pemodelan *solid* menggunakan platform *Autodesk Revit*. Model 3D *solid* kemudian diekspor sebagai *optimized mesh model* untuk dilakukan proses transfer tekstur dari *mesh* resolusi tinggi menggunakan perangkat lunak *Blender*. Proses ini menghasilkan *optimized textured mesh* yang kemudian digunakan dalam proses visualisasi web menggunakan *library model viewer*. Uji akurasi geometri terdiri dari uji akurasi *point cloud* dengan memanfaatkan ICP serta uji akurasi model 3D *solid* yang memanfaatkan sampel dimensi.

Pemrosesan foto Insta360 X3 secara fotogrametris menghasilkan *point cloud* kepadatan titik rerata sebesar 4100 titik/m² dan *textured mesh* dengan GSD sebesar 1,65 cm. Uji akurasi *point cloud* menunjukkan RMSE sebesar 6,79 cm dengan RMSE horizontal sebesar 4,13 cm dan RMSE vertikal sebesar 5,39 cm. Sementara itu, uji akurasi model 3D menunjukkan nilai RMSE sebesar 8,34 cm. Hasil tersebut diperoleh dari pemrosesan 711 buah foto panorama sferikal yang diakuisisi dalam rentang waktu 3 jam 23 menit. *Mesh* yang dihasilkan memiliki kelengkapan yang baik meskipun mengalami beberapa ketidakakuratan geometri khususnya pada bagian lengkungan menara dan interior penghubung ruang utama dan benteng belakang. Hal ini disebabkan karena adanya *noise* pada area transisi/*edge* obyek dengan latar belakang serta tertutupnya fitur akibat kesalahan saat akuisisi data. Model *solid* yang belum berwarna diberikan tekstur yang diekstrak dari *textured mesh*.

Kata Kunci: Pemodelan 3D, Situs Warungboto, Kamera 360°, Fotogrametri Sferikal, Uji Akurasi Geometri.

ABSTRACT

3D Modeling of the Warungboto Cultural Heritage Site is one of the cultural heritage preservation effort to protect the site's structural information in the event of natural disasters, especially earthquakes and the effects of volcanic eruptions, by creating a digital 3D model of the complex. 3D models can also be used for documentation and visualization purposes in 3D via Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) platforms. Spherical photogrammetry is an alternative method that can be used in 3D modeling for Cultural Heritage objects. The advantage of this method is that it can increase the overlap of the data sets obtained and speed up the data acquisition process. This is made possible by using spherical panoramas captured using two fisheye lenses to produce photos with omnidirectional viewing angles. This applicable activity aims to obtain a 3D model of the Warungboto Site through 3D modeling using a 360o spherical camera.

For this application, 3D modeling was carried out at the Warungboto Cultural Heritage Site using Insta360 X3 low-cost 360° multi-camera system. The series of 3D modeling processes consists of preliminary survey activities, data acquisition, photo data processing, point cloud-based 3D modelling, 3D model texture transfer, 3D model visualization and geometric accuracy assesment. Preliminary surveys are carried out for spatial orientation by making sketch, planning a data acquisition route and planning the position of marker points that will be used as Ground Control Points (GCPs) and Independent Check Points (ICPs). The data acquisition process covers the process of photo acquisition with a 360° camera, measuring control point coordinates, measuring marker coordinates and measuring sample dimensions in various areas of the site. Photographic data processing is carried out using the Structure from Motion - Multi-view Stereo (SfM-MVS) algorithm which covers the stages of aligning the camera and tie points generation, reducing tie points with confidence parameters, marking control points, point cloud generation as well as mesh and texture generation. The resulting product of this process is a high resolution point cloud and textured mesh. The point cloud then used as a reference for the solid model modeling process using Autodesk Revit. The solid 3D model is then exported as an optimized mesh model for the texture transfer process from the high resolution mesh using Blender. This process produces an optimized textured mesh which is then used in the web visualization process using the model viewer library. The geometric accuracy test consists of a point cloud accuracy test using ICPs and a 3D solid model accuracy test that utilizes the measured dimensional samples.

The photogrammetric processing of Insta360 dataset resulted in point cloud with overall point density of 4100 point/m² and a textured mesh with GSD value of 1.65 cm. The geometric accuracy test shows an RMSE of 6.79 cm with a horizontal RMSE of 4.13 cm and a vertical RMSE of 5.39 cm. Meanwhile, the 3D model accuracy test showed an RMSE value of 8.34 cm. These results were obtained from processing 711 spherical panoramic photos acquired over a period of 3 hours 23 minutes. The resulting mesh has good completeness although it suffers from some geometric inaccuracies, especially in the arches structure of the tower and the interior connecting the main room and the rear fort. This is due to the presence of noise in the transition area/edge between the object and the background as well as features being covered up due to mistakes during data acquisition. The untextured solid model is given a texture extracted from the textured mesh.

Keywords: 3D Modelling, Warungboto Site, 360° Camera, Spherical Photogrammetry, Geometric Accuracy Test.