

INTISARI

Sejak tahun 1991, UNESCO telah menetapkan Candi Mendut bersama-sama dengan Candi Borobudur dan Candi Pawon menjadi warisan budaya dunia dengan nama *Borobudur Temple Compounds*. Sebagai salah satu kawasan unggulan, unsur-unsur yang terdapat pada bangunan Candi Mendut perlu dijaga dan dipelihara dengan baik. Namun, terdapat keterbatasan dokumen mengenai pekerjaan konservasi dan pemugaran yang telah dilakukan. Dokumen pemugaran yang dilakukan Belanda pada tahun 1800-1900 tidak tersedia, begitupula dengan data mengenai pola susun dan sambungan baru serta denah/peta teknisnya. Untuk itu pembaruan dokumentasi digital Candi Mendut dalam bentuk model tiga dimensi perlu dilakukan. Gabungan teknologi *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) dan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dapat menghasilkan model tiga dimensi yang cukup baik. Penggabungan kedua teknologi tersebut dimaksudkan agar dapat mampu melengkapi keterbatasan TLS dalam menjangkau objek yang tinggi.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat model tiga dimensi Candi Mendut serta menganalisis hasil model 3 dimensi berdasarkan aspek geometri dan kelengkungan. Data yang digunakan berupa data sekunder hasil perekaman menggunakan UAV pada tahun 2021 dan data primer akuisisi menggunakan TLS pada tahun 2024. Secara garis besar, penelitian ini terdiri atas tahap akuisisi data, pengolahan, dan analisis model tiga dimensi yang dihasilkan. Proses akuisisi dilakukan menggunakan teknologi *laser scanner* berupa TOPCON Geodetic Laser Scanner 2000 dengan mode *scan* 6,3 mm/10m dan 12,5 mm/10 m. Pemindaian dilakukan dengan dua metode yaitu metode *backsighting* dan *freescanning*. Tahap pengolahan data foto udara UAV dilakukan menggunakan *Agisoft Metashape* untuk mengubah data foto menjadi *point cloud*. Proses registrasi dilakukan dengan menggabungkan data foto udara UAV dan TLS menggunakan metode *cloud to cloud* di *software* Maptrek. Hasil registrasi selanjutnya dibuat model tiga dimensi *mesh* menggunakan *software* Cloud Compare menggunakan *octree depth level 12*. Model tiga dimensi *mesh* yang terbentuk selanjutnya dianalisis pada aspek geometri dan kelengkungan objek.

Hasil model tiga dimensi yang dihasilkan memiliki kelengkapan yang baik dengan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar 5,7 mm. Nilai tersebut apabila dibandingkan dengan GSD foto udara setara dengan 1,12 kali nilai GSD. Hasil tersebut sudah masuk kedalam batas toleransi ketelitian yang disyaratkan oleh *grade of accuracy* yaitu nilai RMSE kurang dari sama dengan 20 mm.

Kata Kunci : Candi Mendut, Model 3D, TLS, Foto udara, RMSE

ABSTRACT

Since 1991, UNESCO has named Mendut Temple, along with Borobudur Temple and Pawon Temple, as a World Heritage Site called " Borobudur Temple Compounds . " As one of the prominent heritage areas, the elements found in the Mendut Temple structure need to be well -preserved and maintained. However, there is limited documentation on conservation and restoration work that has been carried out. Restoration documents from the Dutch period (1800 - 1900) are not available, nor are data on new assembly patterns and connections , as well as technical plans/maps. Therefore , updating the digital documentation of Mendut Temple in the form of a three - dimensional model is necessary. The combination of Terrestrial Laser Scanner (TLS) and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) technology can produce a more accurate three - dimensional model. Laser scanner technology can detect the diversity of sizes , characteristics , and complexity of objects, while UAV technology is optimal for modeling objects with high geometry, such as roofs.

This research aims to creating a 3D model of Mendut Temple and analyze the results of the 3-dimensional model based on geometric and curvature aspects. The data used are secondary data recorded using UAV in 2021 and primary acquisition data using TLS in 2024. In general, this study consists of the stages of data acquisition, processing, and analysis of the resulting three-dimensional model. The acquisition process is carried out using laser scanner technology in the form of TOPCON Geodetic Laser Scanner 2000 with scan modes of 6.3 mm/10m and 12.5 mm/10 m. Scanning is carried out using two methods, namely the backsighting and freescanning methods. The UAV aerial photo data processing stage is carried out using Agisoft Metashape to convert photo data into point clouds. The registration process is carried out by combining UAV and TLS aerial photo data using the cloud to cloud method in Maptrek software. The registration results are then made into a three-dimensional mesh model using Cloud Compare software using an octree depth level of 12. The three-dimensional mesh model that is formed is then explained in the geometric and curvature aspects of the object.

The results of the three-dimensional model has good completeness with a Root Mean Square Error (RMSE) value of 5.7 mm. When compared to the GSD of aerial photos, the RMSE value is equivalent to 1.12 times the GSD value. These results have entered the tolerance limit of accuracy required by the level of accuracy, namely the RMSE value is not more than 20 mm.

Keywords: Mendut Temple, 3D Model, TLS, Aerial Photographs, RMSE