

INTISARI

Perhitungan volume *stockpile* merupakan komponen penting dalam pekerjaan tanah. Volume *stockpile* berkaitan langsung dengan perencanaan pekerjaan, rancangan biaya, dan estimasi material. Saat ini, teknologi yang bisa digunakan untuk perhitungan nilai volume dengan akurat di antaranya adalah *Total Station*, GNSS, dan LiDAR. Penggunaan peralatan tersebut membutuhkan biaya pengadaan dan operasional yang relatif mahal. Salah satu alternatif pengukuran volume adalah teknologi fotogrametri jarak dekat dengan algoritma *Structure from Motion* (SfM). *Smartphone* saat ini dapat dijadikan sebagai instrumen dalam penerapan algoritma SfM. Namun terdapat keterbatasan, yaitu akurasi modul GNSS internal *smartphone* hanya dalam level meter. Geocam mengintegrasikan *smartphone* dengan modul GNSS eksternal sehingga mampu meningkatkan akurasi *geotagging* foto menjadi *centimeter*. Pengambilan data dilakukan tanpa menggunakan *Ground Control Point* (GCP) untuk menguji ketelitian Geocam dalam pembentukan model 3D. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan akurasi geometri model 3D dan perhitungan volume *stockpile* menggunakan Geocam dan LiDAR SLAM, tanpa tambahan GCP.

Penelitian dilakukan pada *stockpile* pasir di area kerja depot pasir CV. Agus Aji Perkasa (CV. AJP). Akuisisi data menggunakan Geocam dilakukan melalui pemotretan secara *overlap* mengitari *stockpile* sehingga didapatkan 120 foto. Setiap foto diolah menggunakan algoritma SfM dalam *software* Agisoft Metashape. Sementara itu, akuisisi data menggunakan LiDAR SLAM dilakukan dengan *scanning* mengelilingi *stockpile*. Data Geocam dan LiDAR SLAM lalu diolah sehingga menghasilkan model 3D dan DEM. Akurasi geometri kedua model 3D diperoleh dengan mengukur panjang antar marker yang dipasang di sekeliling *stockpile* sebagai *ground truth* dalam uji dimensi. Uji Signifikansi dilakukan untuk mengetahui besar perbedaan DEM hasil pengukuran Geocam dan LiDAR SLAM. Uji volumetrik dilakukan dengan membandingkan volume Geocam terhadap LiDAR SLAM. Batas toleransi deviasi volume diatur dalam standar ASTM D6172-98 yaitu sebesar 2%.

Hasil uji dimensi menunjukkan bahwa model 3D Geocam memiliki akurasi geometri dengan nilai RMSE sebesar 0,039 m, sedangkan model 3D LiDAR SLAM menghasilkan nilai RMSE 0,044 m. Uji signifikansi menggunakan uji t berpasangan *two tail* menunjukkan hasil bahwa DEM Geocam dan DEM LiDAR SLAM tidak berbeda signifikan. Pada perhitungan volume, Geocam menghasilkan volume sebesar 3,897 m³, sedangkan volume *stockpile* LiDAR SLAM adalah sebesar 3,938 m³. Uji volumetrik kemudian dapat dilakukan dengan menghitung persentase deviasi volume sesuai dengan aturan ASTM D6172-98. Diperoleh hasil nilai deviasi sebesar 1,04%. Hal ini menunjukkan bahwa Geocam mampu menghasilkan model 3D dan perhitungan volume *stockpile* dengan tingkat akurasi yang tidak berbeda jauh terhadap LiDAR SLAM.

Kata Kunci: Volume *Stockpile*, Geocam, *Structure from Motion*, LiDAR SLAM, Uji Dimensi, Uji Signifikansi, Uji Volumetrik

ABSTRACT

Stockpile volume calculation is a crucial component of earthworks. Stockpile volume is directly related to project planning, cost design, and material estimation. Currently, technologies frequently used to accurately calculate volume include Total Station, GNSS, and LiDAR. The use of these equipments requires relatively high procurement and operational costs. One alternative for volume measurement is close-range photogrammetry technology using the Structure from Motion (SfM) algorithm. Smartphones can now be used as instruments for implementing the SfM algorithm. However, there is a limitation: the internal GNSS module's accuracy is only at the meter level. Geocam addresses this by integrating the smartphone with an external GNSS module, thereby enhancing photo geotagging accuracy to the centimeter level for close-range photogrammetry. Data acquisition was conducted without Ground Control Points (GCPs) to evaluate Geocam's precision in 3D model generation. This study aims to compare the accuracy of 3D model geometry and stockpile volume calculations using Geocam and LiDAR SLAM, without the use of additional GCPs.

The study was conducted on a sand stockpile in the sand depot work area of CV. Agus Aji Perkasa (CV. AJP). Data acquisition using Geocam was carried out by overlapping photographs surrounding the stockpile, resulting in 120 photographs. Each photo was processed using the SfM algorithm in Agisoft Metashape software. Data acquisition using LiDAR SLAM involved scanning around the stockpile, generating point cloud data. Geocam and LiDAR SLAM data were then processed to produce a 3D model and DEM. The geometric accuracy of both 3D models was determined by measuring the distances between markers placed around the stockpile, which served as ground truth for the dimensional test. A significance test was conducted to assess the magnitude of the difference between the DEMs generated by Geocam and LiDAR SLAM. The volumetric test was conducted by comparing the Geocam volume with the LiDAR SLAM. The volume deviation tolerance limit is set in the ASTM D6172-98 standard at 2%.

The dimensional test results show that the Geocam 3D model has a geometric accuracy with an RMSE value of 0.039 m, while the LiDAR SLAM 3D model produces an RMSE value of 0.044 m. The significance test using a two-tailed paired t-test showed that the Geocam DEM and LiDAR SLAM DEM were not significantly different. In volume calculations, Geocam produces a volume of 3.897 m³, while the LiDAR SLAM stockpile volume is 3.938 m³. Volumetric tests can then be carried out by calculating the percentage of volume deviation according to the ASTM D6172-98. The deviation value obtained is 1.04%. This shows that Geocam is able to produce 3D models and stockpile volume calculations with a level of accuracy that is not much different from LiDAR SLAM.

Keywords: Stockpile Volume, Geocam, Structure from Motion, LiDAR SLAM, Dimensional Test, Significance Test, Volumetric Test