

Saat ini sebagian besar *Digital Terrain Model* (DTM) yang tersedia masih bersifat statis global dan tidak merepresentasikan kondisi terkini. Pada kenyataannya, topografi bersifat dinamis karena terjadi deformasi atau pergerakan sehingga diperlukan pembaharuan DTM untuk mengatasi permasalahan DTM statis global tersebut. Pembaharuan DTM merepresentasikan kondisi wilayah dengan topografi terkini dan dinamis. Pembaharuan DTM dapat mengatasi permasalahan DTM statis global di Indonesia. Penelitian ini bertujuan pemodelan pembaharuan DTM menggunakan citra ALOS PALSAR/PALSAR-2 dan Sentinel-1 untuk topografi yang dinamis. Secara detil, tujuan tersebut dibagi menjadi empat sub-tujuan, yaitu (1) mengembangkan metode pembaharuan DTM; (2) melakukan evaluasi terhadap DTM master; (3) mengekstraksi *displacement* vertikal terkini dengan citra Sentinel-1; (4) mengetahui hasil uji akurasi vertikal pembaharuan DTM terhadap GNSS-leveling dan DEM Pleiades.

Area penelitian disertasi ini dibagi menjadi tiga yaitu area dengan deformasi tinggi, area dengan deformasi rendah, dan lahan gambut. Area dengan deformasi tinggi yang dipilih yaitu Sesar Semangko (utara Danau Singkarak) dan Kawasan Laut Mati Rote di Pulau Rote. Area dengan deformasi rendah yang dipilih yaitu Merauke. Lahan gambut yang diekstraksi DTMnya berada di perbatasan Palangkaraya-Pulang Pisau. Pembaharuan DTM menggunakan parameter DTM master dengan *displacement* vertikal terkini. DTM master adalah DTM yang dijadikan referensi dalam ekstraksi pembaharuan DTM dan dibuat dari citra ALOS PALSAR/PALSAR-2 sedangkan *displacement* vertikal terkini diekstraksi dari citra Sentinel-1. Tahapan yang dilakukan adalah ekstraksi DTM master dengan metode InSAR, konversi *Digital Surface Model* (DSM) ke DTM, dan koreksi kesalahan tinggi. Proses InSAR meliputi *focusing* dan pembuatan *Single Looks Complex* (SLC), pembuatan interferogram, filter adaptif dan koherensi, *phase unwrapping*, *refinement* dan *re-flattening*, dan fase menjadi tinggi (DSM). Tahapan berikutnya yaitu konversi DSM menjadi DTM master dengan metode *slope-based filtering* dan koreksi kesalahan tinggi dengan metode *height error maps* (HEM). Pembaharuan DTM diperoleh dengan melakukan integrasi antara DTM master dengan *displacement* vertikal terkini. Metode D-InSAR digunakan untuk ekstraksi *displacement* vertikal terkini dari citra Sentinel-1. Metode ini memiliki kemiripan dengan InSAR, perbedaan hanya pada tahapan fase menjadi tinggi yang diganti dengan fase menjadi *displacement* vertikal. DTM yang diperbaharui tersebut dilakukan uji akurasi vertikal mengikuti standar pada ASPRS 2014 (tingkat kepercayaan 95 %). Metode yang digunakan dalam ASPRS 2014 adalah *Root Mean Square Error vertical* (RMSE<sub>z</sub>), *Accuracy* (z), dan uji beda tinggi. Semua DTM master dan DTM yang diperbaharui dilakukan uji akurasi vertikal dan uji beda tinggi menggunakan 26 titik uji yang melibatkan nilai elevasi (h) dan nilai tinggi (H). Nilai elevasi diekstraksi dari DTM master dan DTM yang diperbaharui. Nilai tinggi diperoleh dari hasil pengukuran GNSS-leveling maupun DEM Pleiades.

Terdapat 10 pembaharuan DTM yang dilakukan pengujian dengan kondisi bidang referensi tinggi EGM 1996, EGM 2008, dan WGM 2012. Pengujian 10 DTM yang

diperbaharui meliputi (1) Sesar Semangko (EGM 2008); (2) Pulau Rote dataran rendah (EGM 1996); (3) Pulau Rote dataran rendah (EGM 2008); (4) Pulau Rote dataran rendah (WGM 2012); (5) Pulau Rote dataran sedang (EGM 1996); (6) Pulau Rote dataran sedang (EGM 2008); (7) Pulau Rote dataran sedang (WGM 2012); (8) Merauke (EGM 2008); (9) Palangkaraya-Pulang Pisau (DEM Pleiades pada bidang geoid EGM 2008); (10) Palangkaraya-Pulang Pisau (data lapangan pada bidang geoid EGM 2008). Uji akurasi vertikal pembaharuan DTM (1) s.d. (8) dan (10) dibandingkan dengan GNSS-leveling sedangkan pembaharuan DTM (9) dibandingkan dengan DEM Pleiades. Berdasarkan hasil uji akurasi vertikal, DTM yang diperbaharui memenuhi persyaratan pada ASPRS 2014 untuk pemetaan *class IX* s.d. *class X* (skala 1:10.000 s.d. 1:25.000). Berdasarkan uji beda tinggi semua DTM master dan DTM yang diperbaharui memiliki nilai beda tinggi mendekati 0 m. Kondisi tersebut berarti bahwa semua DTM master dan DTM yang diperbaharui telah bebas kesalahan sistematik dan memiliki tinggi titik relatif terhadap datum.

Kata Kunci: pembaharuan DTM, ALOS PALSAR/PALSAR-2, Sentinel-1, DTM master dan *displacement* vertikal terkini, evaluasi akurasi vertikal

## **ABSTRACT**

*Currently, most of the available Digital Terrain Models (DTM) are still global static and do not represent current conditions. In fact, the topography is dynamic due to deformation or movement, so that it needs an updated DTM to overcome the global static DTM problem. The updated DTM represents the condition of the area with the latest and dynamic topography. The updated DTM can solve the global static DTM problem in Indonesia. This study aims to evaluate the updated DTM model from ALOS PALSAR/PALSAR-2 and Sentinel-1 images for dynamic topography. In detail, these objectives are divided into four sub-objectives, namely (1) developing the updated DTM methods; (2) evaluating the DTM master; (3) extracting the latest vertical displacement using Sentinel-1 image; (4) Finding out the results of the updated DTM vertical accuracy test using GNSS-leveling and DEM Pleiades.*

*The research area of this dissertation is divided into three areas, namely high deformation area, low deformation area, and peatland. The areas with high deformation selected are the Semangko Fault (northern Lake Singkarak) and the Rote Dead Sea Area on Rote Island. The selected low deformation area is in Merauke. The peatland extracted by the updated DTM is located on the Palangkaraya-Pulang Pisau border. The updated DTM uses the DTM master and the latest vertical displacement parameter. The DTM master is the DTM used as a reference in the updated DTM extraction and was extracted with ALOS PALSAR/PALSAR-2, while the latest vertical displacement was extracted from the Sentinel-1 images. The steps taken are DTM master extraction with the InSAR method, Digital Surface Model (DSM) to DTM conversion, and height errors correction. The InSAR process includes focusing and Single Looks Complex (SLC), interferograms generation, adaptive filters and coherence, phase unwrapping, refinement and re-flattening, and phase to height (DSM). Then the DSM is converted to DTM using the slope-based filtering method and corrected for height errors using the height error maps (HEM) method. The results obtained are DTM master. The latest vertical displacement information extracted from the Sentinel-1 images is added using the D-InSAR method to update topographic information. This method is similar to InSAR, and the difference is only in the "phase to height" replaced by the "phase to displacement". The updated DTM is obtained after integrating the DTM master with the latest vertical displacement. The updated DTM models were tested for vertical accuracy following the ASPRS 2014 standard (95 % confidence level). The methods used in ASPRS 2014 are Root Mean Square Error vertical (RMSE<sub>z</sub>), Accuracy (z), and height difference test. All DTM masters and the updated DTMs were tested for vertical accuracy and height difference tests using 26 test points involving elevation (h) and height (H) values. The elevation values are extracted from the DTM master and the updated DTM. Height values were obtained from the measurement results of GNSS-leveling and DEM Pleiades.*

*The updated DTM products were tested for vertical accuracy following the ASPRS 2014 standard (95 % confidence level). The methods used in ASPRS 2014 are Root Mean Square Error vertical (RMSE<sub>z</sub>) and Accuracy (z). Ten updated DTMs were tested with height reference field conditions EGM 1996, EGM 2008, and WGM 2012. Ten updated*

*DTMs test include (1) Semangko Fault (EGM 2008); (2) Lowland Rote island (EGM 1996); (3) Lowland Rote island (EGM 2008); (4) Lowland Rote island (WGM 2012); (5) Medium plain Rote island (EGM 1996); (6) Medium plain Rote island (EGM 2008); (7) Medium plain Rote island (WGM 2012); (8) Merauke (EGM 2008); (9) Palangkaraya-Pulang Pisau (DEM Pleiades in geoid field EGM 2008); (10) Palangkaraya-Pulang Pisau (field data with geoid field EGM 2008). The vertical accuracy test of the updated DTM (1) to d. (8) and (10) were compared with GNSS-leveling, while the updated DTM (9) was compared with DEM Pleiades. Based on the vertical accuracy test results, the updated DTM meets the requirements of ASPRS 2014 for mapping class IX to class X (scale of 1:10,000 to 1:25,000). Based on the height difference test, all DTM masters and the updated DTMs have a height difference value close to 0 m. This condition means that all DTM masters and the updated DTMs are free from systematic errors and the height points are relative to the datum.*

*Keywords: The updated DTM, ALOS PALSAR/PALSAR-2, Sentinel-1, DTM master and the latest vertical displacement, vertical accuracy evaluation.*