

## INTISARI

Candi Borobudur merupakan salah satu warisan dunia yang dimiliki oleh Indonesia. Dalam upaya menjaga warisan dunia, perlu dilaksanakan monitoring posisi Candi Borobudur. Salah satu caranya adalah dengan pembangunan *benchmark* (BM) atau titik kontrol untuk pemantauan deformasi menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Pengukuran dan studi pemanfaatan teknologi GPS untuk pemantauan stabilitas Candi Borobudur telah dilakukan pada tahun 2002, 2003, dan 2012. Jumlah titik yang diamat sebanyak 12 titik. Analisis pergeseran pernah dilakukan dengan GLOBK (*Global Kalman Filter VLBI and GPS Analysis*) mengacu ITRF 2000. ITRF menuntut pemutakhiran data koordinat titik-titik kontrol secara periodik untuk memelihara kehandalan sistem dan kerangka acuan. Perbedaan penggunaan versi ITRF pada pengolahan data GPS berdampak pada perbedaan ketelitian estimasi posisi, besar kecepatan dan arah pergeseran titik-titik kontrol. Berdasarkan kondisi tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan analisis ketelitian estimasi posisi, besar kecepatan dan arah pergeseran titik-titik kontrol GPS jaring pemantau deformasi Candi Borobudur, berdasarkan data pengamatan tahun 2003 dan 2012 mengacu pada ITRF 2008.

Bahan utama dalam penelitian ini yaitu data pengamatan GPS tahun 2003 dan 2012. Data pengamatan, berupa data ukuran hasil pengamatan GPS di 12 titik jaring GPS Borobudur tahun 2003 dan 2012. Masing-masing kala melalui tahapan *regional processing* dan *local processing* dengan GAMIT/GLOBK mengacu ke ITRF 2008. Koordinat dari hasil *local processing* GAMIT/GLOBK selanjutnya dibandingkan dengan koordinat hasil olahan mengacu ITRF 2000 yang telah ditransformasi menjadi koordinat mengacu ITRF 2008. Berdasarkan hasil koordinat hasil pengolahan data 2003 dan 2012 mengacu pada ITRF 2008 dilakukan analisis pergeseran antar kala. Pada penelitian ini dilakukan pula uji signifikansi pergeseran titik pengamatan GPS.

Hasil dari penelitian ini menggambarkan bahwa ketelitian posisi rata-rata data tahun 2003 dalam koordinat kartesi 3D untuk posisi X, Y, dan Z berturut-turut yaitu 1,13 mm, 1,05 mm, dan 0,36 mm. Ketelitian posisi rata-rata data tahun 2003 dalam koordinat lokal GAMIT 3D untuk posisi N, E, dan U berturut-turut adalah 0,37 mm, 1,21 mm, 1,08 mm. Ketelitian posisi rata-rata data tahun 2012 dalam koordinat kartesi 3D untuk posisi X, Y, dan Z berturut-turut yaitu 2,93 mm, 3,16 mm, dan 1,05 mm. Ketelitian posisi rata-rata data tahun 2012 dalam koordinat lokal GAMIT 3D untuk posisi N, E, dan U berturut-turut adalah 0,98 mm, 2,98 mm, 1,20 mm. Dalam sistem koordinat lokal GAMIT, vektor kecepatan rerata pergeseran titik arah utara ( $V_N$ ) adalah -8,42 mm/thn, arah timur ( $V_E$ ) 27,63 mm/thn, dan arah vertikal ( $V_U$ ) -6,12 mm/thn, dengan kata lain pergeseran horizontal rerata sebesar 28,88 mm/thn ke arah tenggara ( $S_E$ ) dan pergeseran vertikal rerata -6,12 mm/thn (turun). Nilai rata-rata ketelitian pada sistem koordinat lokal GAMIT 3D, pada arah N sebesar 0,08 mm/thn, pada arah E sebesar 0,21 mm/thn, dan pada arah U sebesar 0,22 mm/thn. Nilai ketelitian data tahun 2003 dan 2012 hasil pengolahan yang mengacu pada ITRF 2008 lebih teliti daripada hasil pengolahan mengacu pada ITRF 2000.

## ABSTRACT

Borobudur temple is one of the world's heritage located in Indonesia. Monitoring of Borobudur temple's position is an attempt that has to be done in order to maintain one of world's heritage, one method is by developing a bench mark (BM) or a control point to observe the deformation using Global Positioning System (GPS). Measurement using GPS in order to observe Borobudur temple's stability has been done in 12 points in 2002, 2003, and 2012, using Global Kalman Filter VLBI and GPS Analysis (GLOBK) and referring to ITRF2000 to analyze the horizontal movement. By using ITRF, the control point coordinates data has to be updated periodically to maintain the framework and the system's ability. The difference resulting from the use of ITRF in GPS data processing has an effect in the difference of the accuracy in the position estimation, velocity, and the movement direction of the GPS control points. Given this situation, accuracy analysis was performed to measure the position estimation, velocity, and the movement direction of the GPS control points in the observation of Borobudur temple's deformation, based on data 2003 and 2012 through ITRF 2008.

Observation data is the main data used in this research, which consists of GPS observation data in 12 points acquired from Borobudur temple's GPS in 2003 and 2012, which have been gone through regional and local processing. The coordinates acquired from GAMIT/GLOBK local processing is compared with coordinates based on ITRF2000 which has been transformed to ITRF2008. Time movement analysis based on the coordinates and data results from 2003 and 2012. Significance test for GPS observation points was also performed.

The results from this study stated that the data average position accuracy in 2003 in 3D kartesi coordinate for X, Y, and Z position consecutive are 1.13 mm, 1.05 mm, and 0.36 mm. The data average position accuracy in 2003 in GAMIT 3D local coordinate for N, E, and U position consecutive are 0.37 mm, 1.21 mm, and 1.08 mm. The data average position accuracy in 2012 in 3D kartesi coordinate for X, Y, and Z position consecutive are 2.93 mm, 3.16 mm, and 1.05 mm. The data average position accuracy in 2012 in GAMIT 3D local coordinate for N, E, and U position consecutive are 0.98 mm, 2.98 mm, and 1.20 mm. In GAMIT local coordinate system, the average velocity vector for the movement of the north point ( $V_N$ ) is -8.42 mm/yr, east point ( $V_E$ ) 27.63 mm/yr, and vertically ( $V_U$ ) -6.12 mm/yr. In other words, the average horizontal movement is 28.88 mm/yr to the south east and the average vertical movement is -6.12 mm/yr (downward). The average accuracy value in GAMIT 3D local coordinate are in N direction 0.08 mm/yr, E direction 0.21 mm/yr, and U direction 0.22 mm/yr. The accuracy value in 2003 and 2012 for the data processing results is more accurate based on ITRF 2008 than ITRF 2000.