

INTISARI

Candi Borobudur merupakan warisan budaya Indonesia yang ditetapkan menjadi warisan dunia oleh UNESCO. Sebagai bangunan warisan dunia, perlu dilakukan pemantauan dan pemeliharaan secara berkala pada Candi Borobudur. Pemantauan pergerakan vertikal secara geodetik menggunakan jaring sipat datar merupakan salah satu cara pemeliharaan. Desain jaring sipat datar Candi Borobudur tahun 2002 menggunakan kerangka dasar absolut, namun titik ikat jaring mengalami pergeseran. Pergeseran titik ikat akan menyebabkan kesalahan sistematik pada hasil hitungan perataan kuadrat terkecil metode parameter untuk analisis pergeseran vertikal. Oleh karena itu perlu dilakukan koreksi terhadap tinggi titik ikat sesuai dengan kecepatan pergeseran vertikal titik tersebut sebelum dilakukan hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter. Selain metode tersebut, terdapat metode hitung perataan kuadrat terkecil *time-variant* yang dapat menghitung kecepatan pergeseran titik dengan menyertakan informasi laju perubahan posisi titik. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan analisis pergeseran vertikal Candi Borobudur hasil hitung perataan kuadrat terkecil antara metode parameter dengan koreksi titik ikat dan metode *time-variant*.

Penelitian ini menggunakan data pengamatan beda tinggi jaring sipat datar tahun 2002, 2003 dan 2004, dan data tinggi dan kecepatan pergeseran vertikal titik ikat tahun 2002. Data pengamatan beda tinggi diperoleh dari Balai Konservasi Borobudur sedangkan data tinggi dan kecepatan pergeseran titik ikat diperoleh dari penelitian sebelumnya. Hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter diawali dengan koreksi tinggi titik ikat tiap *epoch* yang kemudian dilakukan hitung perataan untuk menentukan tinggi titik pantau tiap *epoch*. Uji statistik data pengamatan dan analisis pergeseran vertikal menggunakan uji signifikansi parameter. Hitungan kuadrat terkecil metode *time-variant* menghasilkan tinggi dan kecepatan pergeseran titik pantau pada interval *epoch* tertentu kemudian uji global setelah hitung perataan.

Penelitian menunjukkan bahwa vektor pergeseran vertikal titik pantau Candi Borobudur hasil perbandingan antara hitungan kuadrat terkecil metode parameter dengan koreksi titik ikat dan metode *time-variant* dalam fraksi nano milimeter. Ketelitian pergeseran vertikal hasil hitungan perataan kuadrat terkecil metode *time-variant* lebih teliti 1,5 kali dibandingkan dengan metode parameter dengan koreksi titik ikat.

Kata kunci : Candi Borobudur, warisan dunia, hitung perataan kuadrat terkecil, metode parameter, *time-variant*, pergeseran vertikal.

ABSTRACT

Borobudur is Indonesian's cultural heritage which is recognized as a world heritage by UNESCO. As a world heritage structure, monitoring and maintenance need to be carried out periodically at Borobudur. Geodetic monitoring of vertical deformation is one kind of monitoring which have to be done, in this case the monitoring uses leveling network. The design of leveling network at Borobudur in 2002 used absolute network, but the control point of this network has been known to be shifted. The control point displacement would cause a systematic error in the adjustment computation method for the analysis of vertical displacement. The correction of control point elevation due to the vertical shift is needed prior to the adjustment computation using parameter method. In addition to these methods, there is a time variant adjustment computation method which can calculate the vertical rate of object points. The purpose of this research is to compare the vertical displacement analysis of the Borobudur's network from the parameter adjustment computation method with the correction of control point and from time-variant adjustment method.

This research used observed elevation difference of leveling network in 2002, 2003 and 2004, and the elevation and vertical velocity of control point in 2002. The observation of the elevation difference was obtained from Borobudur Conservation Center while the elevation and the vertical velocity of control point was obtained from the GPS survey from the previous research. Adjustment computation using parameter least squares method began with the elevation correction of control point at every epoch. The adjustment computation was then taken to determine the elevation of monitoring points at each epoch. Statistical test and vertical displacement analysis using significance parameter tests was carried out to analyze the results. Adjustment computation using time-variant method was taken to determine the elevation and the vertical velocity of the monitoring points at certain epoch intervals and validated using global test after the adjustment computation.

The result shows that the magnitude comparison of vertical displacement of Borobudur's monitoring points, resulted from the parameter adjustment computation with the correction of control point and from the time-variant method was in a fraction of nanometer. The accuracy of the vertical displacement estimated from time-variant adjustment computation method was 1.5 times more accurate than the parameter method with the correction of benchmark.

Keywords: Borobudur temple, world heritage, adjustment computation, parameter least square method, time-variant, vertical displacement.