

INTISARI

Candi Borobudur merupakan salah satu cagar budaya yang dijadikan sebagai tempat wisata. Aktivitas wisatawan di atas candi memberi beban tambahan pada candi secara terus-menerus, sedangkan faktor eksternal dari alam seperti tiupan angin, perubahan suhu, pelapukan, tumbuhnya lumut, dan lainnya juga berkontribusi pada perubahan fisik Candi Borobudur. Kombinasi faktor eksternal dapat berpengaruh pada stabilitas dinding Candi Borobudur, maka pemantauan stabilitas dinding Candi Borobudur perlu dilakukan. Pemantauan secara otomatis dalam interval waktu tertentu terhadap dinding candi yang diwakili oleh titik pantau dapat dilakukan dengan RTS. Situasi pandemi Covid-19 mengakibatkan aktivitas pengunjung di atas bangunan candi dibatasi sehingga tidak terdapat pengaruh aktivitas manusia untuk penelitian terkait stabilitas dinding candi. Pengukuran pada kondisi ini dapat dijadikan acuan untuk dibandingkan dengan pengukuran saat *peak season* di masa mendatang.

Pemantauan dilakukan dengan merekam data berupa ukuran sudut horizontal, sudut vertikal, jarak miring, dan jarak datar terhadap titik-titik pantau secara berulang dari pagi hingga sore selama 3 (tiga) hari. Seluruh data pengamatan dianalisis untuk menentukan kualitas data ukuran. Data ukuran diambil sebanyak 3 (tiga) pengulangan (*round*) dalam setiap harinya. Perhitungan koordinat dan simpangan baku dilakukan dengan hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter. Koordinat dari 2 (dua) *round* berbeda dihitung menjadi nilai pergeseran untuk dianalisis pada setiap hari pemantauan. Batas pergeseran maksimum pada penelitian ini sebesar ± 5 mm untuk mengetahui titik pantau mengalami pergeseran yang signifikan atau tidak. Perubahan posisi titik pantau terhadap posisi awalnya secara visual dari waktu ke waktu disajikan dalam grafik pergeseran. Stabilitas dinding candi dari titik-titik pantau dievaluasi berdasarkan nilai pergeseran.

Setiap data ukuran hasil pemantauan memiliki kualitas yang baik. Koordinat dan simpangan baku yang dihitung pada setiap kala lolos uji global dengan tingkat kepercayaan 95%. Besar pergeseran titik pantau antar dua kala berkisar antara 0,013 mm hingga 3,072 mm dengan semua rerata pergeseran (X, Y, Z) pada ketiga hari bernilai lebih kecil dari 1 mm. Grafik pergeseran menunjukkan nilai pergeseran titik pantau terbesar yaitu 2,3 mm ke arah sumbu positif dan hingga -2,4 mm ke arah sumbu negatif. Pergeseran komponen koordinat menunjukkan perubahan posisi titik secara vertikal lebih kecil daripada posisi horizontal. Secara keseluruhan dari grafik, pola pergeseran titik pantau sangat beragam disebabkan oleh banyak pengaruh tak terukur dalam penelitian. Seluruh nilai pergeseran titik pantau kurang dari 5 mm sehingga pergeseran yang terjadi termasuk dalam kategori normal yang menandakan dinding candi dalam keadaan stabil.

Kata kunci: stabilitas dinding, RTS, hitung perataan kuadrat terkecil, Candi Borobudur.

ABSTRACT

Borobudur Temple is a cultural heritage that is used as a tourist spot. Tourist activities on top of the temple give additional burdens to the temple continuously, while external factors from nature such as wind, temperature changes, weathering, moss growth, and others also contribute to the physical changes of Borobudur Temple. The combination of external factors can affect the stability of the temple walls, so monitoring the stability of the walls of Borobudur Temple is necessary. Automatic monitoring at certain time intervals of the temple walls represented by the monitoring points can be done with RTS. The Covid-19 pandemic situation has resulted in limited visitor activity on top of the temple building, so there is no influence of human activities for research related to the stability of the temple walls. Measurements in this condition can be used as a reference to be compared with measurements during the peak season in the future.

Monitoring is carried out by recording data in the form of measurements of horizontal angles, vertical angles, slope distances, and horizontal distances to monitoring points repeatedly from morning to evening for 3 (three) days. All observational data were analyzed to determine the quality of the measurement data. Measurement data was taken as many as 3 (three) rounds in each day. The calculation of coordinates and standard deviation uses the parameter method of least-squares adjustment. The coordinates of 2 (two) different rounds are calculated to obtain the point movement to be analyzed on each monitoring day. The maximum point movement limit used in this study was ± 5 mm to determine whether the monitor point had a significant displacement or not. The monitoring point position changes to its initial position over time are presented in a graph. The stability of the temple walls from the monitoring points is evaluated based on the displacement value.

Each monitoring results in good quality measurement data. The coordinates and standard deviation calculated at each epochs pass the global test with a confidence level of 95%. The magnitude of the movement in the monitoring point between the two epochs ranged from 0,013 mm to 3,072 mm with all the movement means (X, Y, Z) on the three days being less than 1 mm. The graph shows that the maximum movement of the monitoring point is namely 2,3 mm to the positive axis and up to -2,4 mm to the negative axis. The coordinate component movement shows that the points' position change vertically is smaller than the horizontal position. Overall from the graph, the monitor point movement patterns vary widely due to the many unmeasured influences in the study. The whole value of the displacement in the monitoring point is less than 5 mm, so the movement that occurs is included in the normal category, which indicates that the temple walls are in a stable condition.

Keywords: walls stability, RTS, least-squares adjustment, Borobudur Temple.