

INTISARI

Jembatan memiliki peran penting untuk menjaga konektivitas wilayah. Objek struktural seperti jembatan berpotensi mengalami perubahan posisi yang mempengaruhi keamanan fungsionalitas. Perubahan posisi tersebut disebabkan oleh vibrasi atau getaran sebagai bentuk penyaluran gaya. Jembatan dapat mengalami korosi, kelelahan beban material, hingga tekanan akibat kondisi lingkungan yang tidak stabil. Usaha untuk meminimalkan kerusakan jembatan perlu dilakukan melalui pemantauan berkelanjutan. *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS) merupakan teknologi penentuan posisi berbasis satelit yang telah dimanfaatkan untuk pemantauan posisi jembatan akibat vibrasi. Leica GM30 sebagai *receiver* yang kerap diaplikasikan untuk pemantauan jangka panjang perlu dinilai melalui uji sensitivitas dengan maksud mengetahui kinerja alat sebelum digunakan untuk pemantauan jembatan. Talang Bowong sebagai jembatan bertipe rangka baja bentang pendek berfungsi sebagai penghubung Saluran Induk Irigasi Kalibawang dan jalan lokal di Kecamatan Kalibawang, Kulon Progo. Penelitian ini mengkaji sensitivitas Leica GM30 dengan mode penentuan posisi *Post-processing Kinematic* (PPK) untuk keperluan pemantauan vibrasi Jembatan Talang Bowong akibat pembebanan.

Penelitian terdiri atas tahap instalasi sistem dan akuisisi data, pengolahan dengan metode PPK, visualisasi variasi posisi, dan penilaian sensitivitas. Dua titik pantau diletakkan pada bentang tengah jembatan, masing-masing di sisi timur untuk titik JT01 dan sisi barat untuk titik JT02. Tiga *receiver* Leica GM30 yang dilengkapi antena Leica AR10 dipasang pada dua titik pantau dan satu titik kontrol BM₀₃ yang telah diketahui koordinat definitifnya. Pengamatan dilakukan selama 45 menit, dengan skema 10 menit sebelum pembebanan, 25 menit dengan pembebanan, dan 10 menit sesudah pembebanan. Sistem satelit yang diamati meliputi GPS, GLONASS, Galileo, dan BeiDou dengan pengaturan *elevation mask* 10° serta *sampling rate* 0,1 detik. Pembebanan diatur dengan empat mobil tipe MPV dengan berat total 4,9 ton. Pengolahan dengan metode PPK menggunakan perangkat lunak Leica Infinity. Kualitas data awal diketahui melalui penilaian terhadap solusi ambiguitas fase, keberadaan *cycle slips*, kekuatan sinyal, dan konfigurasi satelit dengan perangkat lunak RINGO. Variasi posisi horizontal dan vertikal titik pantau dianalisis terhadap spesifikasi untuk menilai kapabilitas alat dalam memantau vibrasi jembatan.

Posisi horizontal titik pantau berhasil ditentukan dengan kepresisian orde mm, dengan persentase *outlier* hanya sebesar 4,84% untuk JT01 dan 1,6% untuk JT02. Rerata variasi posisi horizontal dideteksi sebesar 3,34 cm ke arah barat daya untuk JT01 dan 2,07 cm ke arah timur laut untuk JT02. Posisi vertikal memiliki kepresisian orde cm, dengan persentase *outlier* 3,72% untuk JT01 dan 3,85% untuk JT02. Rerata variasi posisi vertikal dideteksi sebesar 1,27 cm untuk JT01 dan 1,33 cm untuk JT02 dengan pola penurunan di kedua titik pantau. Variasi posisi horizontal tidak sesuai dengan spesifikasi alat untuk mode pengamatan PPK. Hanya sebesar 3,47% posisi horizontal JT01 dan 20,07% posisi horizontal JT02 yang sesuai batas ketelitian alat. Sebagian besar variasi posisi vertikal sesuai dengan ketelitian alat. Sebanyak 63,35% posisi vertikal JT01 dan 62,32% posisi vertikal JT02 telah memenuhi spesifikasi. Leica GM30 sebagai *receiver* GNSS yang diuji memiliki ketahanan terhadap bias dan kesalahan di lokasi pengamatan yang tidak ideal. Intensitas getaran rangka baja dalam waktu sub-detik dapat dicatat melalui frekuensi pengamatan yang rapat. Akan tetapi, kapabilitas alat untuk pemantauan vibrasi jembatan terbatas pada perubahan posisi dalam orde cm. Deteksi intensitas getaran terbatas untuk kriteria buruk dan kritis. Kemampuan alat dengan mode pengamatan PPK hanya mampu mendeteksi pola perubahan posisi akibat waktu pengamatan yang terbatas dan belum mampu mendeteksi perubahan skala kecil.

Kata kunci: Leica GM30, sensitivitas, *post-processing kinematic*, jembatan rangka baja

ABSTRACT

Bridges play an essential role in maintaining regional connectivity. Structural objects such as bridges have the potential to experience changes in position that affect the safety of functionality. The change in position is caused by vibration or vibration as a form of force distribution. Bridges can experience corrosion, material load fatigue, and stress due to unstable environmental conditions. Efforts to minimise bridge damage need to be made through continuous monitoring. Global Navigation Satellite Systems (GNSS) is a satellite-based positioning technology that has been utilised for bridge position monitoring due to vibration. Leica GM30, as a receiver that is often applied for long-term monitoring, needs to be assessed through sensitivity tests with the intention of knowing the performance of the tool before being used for bridge monitoring. Talang Bowong, as a short-span steel frame type bridge, serves as a link between the Kalibawang Irrigation Main Channel and local roads in Kalibawang District, Kulon Progo. This research examines the sensitivity of the Leica GM30 with Post-processing Kinematic (PPK) positioning mode for the purpose of monitoring the vibration of the Talang Bowong Bridge due to loading.

The research included system installation and data acquisition stages, PPK processing, position variations visualization, and sensitivity assessment. Two monitoring points are placed on the bridge's middle span, one on the east side for point JT01 and the west side for point JT02. Three Leica GM30 receivers equipped with Leica AR10 antennas were installed at two monitoring points and one BM_03 control point whose definitive coordinates were known. Observations were carried out for 45 minutes, with a scheme of 10 minutes before loading, 25 minutes with loading, and 10 minutes after loading. The satellite systems observed include GPS, GLONASS, Galileo, and BeiDou, with an elevation mask setting of 10° and a sampling rate of 0.1 seconds. Loading is arranged with four MPV-type cars with a total weight of 4.9 tons. Processing using the PPK method uses Leica Infinity software. The initial data quality is determined by assessing phase ambiguity solutions, the presence of cycle slips, signal strength, and satellite configuration with RINGO software. Variations in the horizontal and vertical positions of the monitoring points were analysed against specifications to assess the tool's capability to monitor bridge vibrations.

The horizontal position of the monitoring point was successfully determined with a precision of the order of mm, with an outlier percentage of only 4.84% for JT01 and 1.6% for JT02. The average horizontal position variation detected was 3.34 cm towards the southwest for JT01 and 2.07 cm towards the northeast for JT02. The vertical position has a precision of the order of cm, with an outlier percentage of 3.72% for JT01 and 3.85% for JT02. The average variation in vertical position was detected at 1.27 cm for JT01 and 1.33 cm for JT02, with a decreasing pattern at both monitoring points. The horizontal position variations do not comply with the tool specifications for the PPK observation mode. Only 3.47% of the horizontal position of JT01 and 20.07% of the horizontal position of JT02 meet the tool's accuracy limits. Most variations in vertical position correspond to the precision of the tool. As many as 63.35% of the vertical position of JT01 and 62.32% of the vertical position of JT02 have met specifications. Leica GM30, as a GNSS receiver tested, has resistance to bias and error in non-ideal observation locations. The intensity of the steel frame vibration in sub-second time can be recorded through a tight observation frequency. However, the tool's capability for bridge vibration monitoring is limited to position changes in the order of cm. Vibration intensity detection is limited to poor and critical criteria. The capability of tools with PPK is only able to detect patterns of position changes due to limited observation time. It has not been able to detect small-scale changes.

Keywords: Leica GM30, sensitivity, post-processing kinematic, steel bridge