

SARI

Keruntuhan pada bidang muka galian dan deformasi pada penyangga baja terjadi saat pelaksanaan konstruksi terowongan Ciuyah, bendungan Karian, provinsi Banten. Penelitian dilakukan untuk mencari penyebab terjadinya keruntuhan saat proses penggalian dan penyebab terjadinya deformasi pada penyangga baja, menganalisis kestabilan penyangga yang sudah terpasang sekaligus memberikan rekomendasi sistem penyangga yang optimal. Metode penelitian yang dilakukan antara lain melakukan pemetaan geologi teknik, analisis batuan permukaan dan bawah permukaan menggunakan GSI dari Hoek (2013), GSI dari Hoek dan Marinos (2000), RMR89 dan JSCE 2016, pengujian laboratorium terkait sifat indeks, batas atterberg, UCS, *direct shear*, XRD dan petrografi, analisis alat penggalian batuan menggunakan grafik dari Pettifer dan Fookes (1994), analisis waktu *stand-up* menggunakan grafik hubungan jarak penggalian dan waktu *stand-up* dari Bienawski (1989), analisis empiris sistem penyangga menggunakan RMR89 dan JSCE 2016 serta analisis numerik menggunakan *software* phase 2 (Rockscience, Inc) dengan mempertimbangkan beban gempa.

Hasil pemetaan geologi permukaan menunjukkan daerah penelitian memiliki dua satuan litologi, yaitu Tuf dan Perselingan batupasir tufan dan batulempung. Hasil litologi bawah permukaan menunjukkan terowongan pada STA 0+123 (mengalami keruntuhan) dan STA 0+138,6 (mengalami deformasi) berada pada satuan batulempung dengan dengan sisipan batupasir. Struktur geologi yang ditemukan di sepanjang terowongan berupa lipatan (sinklin dan antiklin) dan kekar, serta seluruh bagian terowongan berada di bawah elevasi muka air tanah. Hasil evaluasi kualitas massa batuan pada STA 0+123 menunjukkan nilai GSI buruk, RMR sangat buruk dan dalam JSCE berada pada D-II, sedangkan pada STA 0+137,4 dan STA 0+138,6 menunjukkan nilai GSI buruk, RMR buruk, JSCE masuk dalam D-I. Penyebab utama terjadinya keruntuhan adalah karakteristik geologi teknik batuan di sekitar penerowongan yang sangat buruk serta tidak didukung dengan metode penggalian dan sistem penyangga yang sesuai, sedangkan penyebab utama terjadinya deformasi penyangga baja adalah ketidaksesuaian metode penggalian dan sistem penyangga dengan kualitas massa batuan.

Rekomendasi penggalian terowongan dengan metode *multidrift* 2 tahap dan alat penggalian berupa *hard digging* (misal CAT 245). Penggunaan metode empiris dari RMR dan JSCE secara langsung menghasilkan ketidakstabilan pada struktur terowongan (*total displacement* > 10cm) sehingga diperlukan modifikasi. Sistem penyangga yang direkomendasikan pada STA 0+123 adalah RMR Modifikasi berupa penyangga baja H-200 dengan jarak 0,75 m, *forepoling*, beton semprot tebal 15 cm pada bagian atas dan dinding, jaringan kawat baja las (M5), *invert* sementara (H-200), *invert* beton permanen (30 cm), dan JSCE Modifikasi berupa Penyangga baja H-200 jarak 0,8 m, beton semprot tebal 15 cm, jaringan kawat baja las (M5), *invert* sementara (H-200), *invert* beton permanen (30 cm), perkuatan tambahan *forepolling*, dan *lining* beton bertulang. Sistem penyangga yang direkomendasikan pada STA 0+138,6 adalah RMR Modifikasi berupa *forepoling*, penyangga baja H-200 jarak 1,5 m, beton semprot tebal 10 cm, jaringan kawat baja las (M5), *invert* sementara (H-200), *invert* beton permanen 30 cm, dan JSCE Modifikasi berupa penyangga baja H-200 dipasang dengan jarak 1 m, beton semprot tebal 15 cm, jaringan kawat baja las (M5), *invert* sementara (H-200), *invert* beton permanen (30 cm), *lining* dari beton, perkuatan tambahan *forepolling*. Hasil analisis numerik pada sistem penyangga yang telah terpasang, RMR Modifikasi dan JSCE Modifikasi juga memberikan nilai kestabilan yang baik (*total displacement* <10cm) saat diberikan tambahan beban gempa. Tahapan berikutnya dapat dilakukan penelitian terkait waktu *stand-up* maksimal dengan menggunakan tahapan penggalian *multidrift*, untuk mengefisienkan penggunaan *invert* sementara serta dilakukan pengambilan tambahan sampel batulempung untuk dilakukan *swelling test* sampai didapatkan nilai tekanan pengembangan dan persentase pengembangan.

Kata Kunci : Keruntuhan, deformasi, Ciuyah, metode penggalian, sistem penyangga, pengembangan

ABSTRACT

The face failure during the excavation and the deformation of the steel rib occurred during the construction of the Ciuyah tunnel, Karian dam, Banten province. This research was conducted to find the cause of the collapse during the excavation process and the cause of deformation in the steel rib, analyze the stability of the installed support system and provide recommendations for an optimal support system. The research methods that were carried out include conducting geological mapping, surface and subsurface rock analysis using GSI from Hoek (2013), GSI from Hoek and Marinos (2000), RMR89 and JSCE 2016, laboratory test for index properties, atterberg limit, UCS, direct shear, XRD and petrography, analysis of rock excavation method using graphs from Pettifer and Fookes (1994), stand-up time analysis using graphs from Bienawski (1989), empirical analysis of support systems using RMR89 and JSCE 2016, and numerical analysis using phase 2 software (Rockscience, Inc) with earthquake loads. The results of surface geological mapping show that the study area has two lithological units, namely, tuf and intercalation of tufan sandstones and claystones. Subsurface lithology results showed that tunnels at STA 0+123 (collapsed point) and STA 0+138.6 (steel rib deformed) were in claystone units with sandstone inserts. The geological structures along the tunnel consist of folds (syncline and anticline) and joints, and the entire tunnel section is below the groundwater level's elevation. The evaluation result of rock mass quality at STA 0+123 showed poor GSI values or very poor RMR value, and it was classified as D-II by JSCE, while at STA 0+137.4 and STA 0+138.6 showed poor GSI values, poor RMR values, and classified as D-I by JSCE. The main cause of the face failure is the geological characteristic of the rock around the tunnelling, which is very poor and does not have appropriate excavation methods and support systems. In contrast, the main cause of the steel rib deformation is the incompatibility of the excavation method and support system with the quality of the rock mass. Recommendations for tunnel excavation staging is a 2-stage multi-drift and hard digging method (e.g., CAT 245). The empirical result from RMR and JSCE shows instability for the tunnel structure (total displacement > 10cm), so modification is required.

The support system recommended at STA 0+123 is RMR Modification in the form of H-200 steel support with 0.75 m space, forepoling, 15 cm thick of shotcrete on the top and wall, wiremesh (M5), temporary invert (H-200), concrete invert (30 cm), and for JSCE Modification in the form of H-200 steel rib with 0.8 m space, shotcrete 15 cm thick, wiremesh (M5), temporary invert (H-200), permanent concrete invert (30 cm), additional reinforcement of forepoling, and reinforced concrete lining. The support system recommended at STA 0+138.6 is RMR Modification in the form of forepoling, H-200 steel rib with 1.5 m space, shotcrete 10 cm, wiremesh (M5), temporary invert (H-200), permanent concrete invert 30 cm, and for JSCE Modification in the form of H-200 steel rib with 1 m space, shotcrete 15 cm, wiremesh (M5), temporary invert (H-200), permanent concrete invert (30 cm), lining from concrete, additional reinforcement of forepoling. The numerical analysis results on the support system installed for Modified RMR and JSCE provide an excellent stability value (total displacement <10cm) when given additional earthquake loads. The next stage to be researched is a maximum stand-up time using the multidrift excavation stage to optimize the number of temporary inverts. Additional sampling also must be carried out for swelling tests until the value of swelling pressure and the swelling percentage is obtained.

Keyword: face failure, deformation, Ciuyah, excavation method, support system, swelling