

INTISARI

Bendungan Bulango Ulu Gorontalo adalah bendungan yang menggunakan terowongan sebagai saluran pengelaknya. Desain terowongan direncanakan tipe tapal kuda dengan panjang 368 m dan diameter bukaan 8,4 m. Bendungan dibangun untuk mewujudkan salah satu visium PUPR tahun 2030 yaitu memenuhi rasio tampungan air dari 50 m³/kapita/tahun menjadi 120 m³/kapita/tahun. Selain untuk menjamin ketersediaan air, infrastuktur ini juga dapat mengendalikan daya rusak air atau banjir yang menjadi masalah bertahun-tahun di Kota Gorontalo. Penelitian terdahulu yang sudah dilakukan yaitu pendekatan secara empiris dengan metode RMR untuk menentukan kualitas massa batuan, metode ekskavasi, serta desain geometri pada lereng inlet dan outlet terowongan. Beberapa penyelidikan geologi juga sudah dilaksanakan pada penelitian sebelumnya. Dalam penelitian ini dilakukan pemetaan geologi dan geologi teknik, pengamatan dan analisis massa batuan dengan RMR, GSI, Sistem-Q, dan JSCE, serta analisis stabilitas lereng baik dengan beban gempa maupun tanpa beban gempa. Analisis gempa dilakukan secara pseudostatik dan analisis kestabilan lereng dilakukan dengan metode kesetimbangan batas (LEM) serta metode elemen hingga (FEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah penelitian tersusun atas batuan beku diorit dan endapan kerikil-kerakal. Pada daerah penelitian terdapat struktur geologi berupa sesar normal turun, sesar geser dekstral dan kekar gerus. Berdasarkan tingkat pelapukan, daerah penelitian dapat dibagi menjadi lima satuan geologi teknik yaitu satuan diorit lapuk sangat tinggi, satuan diorit lapuk sedang, satuan diorit lapuk rendah dan endapan kerikil-kerakal. Kualitas massa batuan bawah permukaan berdasarkan GSI terbagi menjadi 5 satuan yaitu, satuan diorit kualitas sangat buruk, diorit kualitas buruk, diorit kualitas sedang, diorit kualitas baik, diorit kualitas sangat baik. Kualitas massa batuan bawah permukaan berdasarkan Sistem-Q terbagi menjadi 4 satuan yaitu, satuan diorit kualitas buruk sangat ekstrim, sangat buruk, buruk, dan diorit kualitas baik. Jalur terowongan pengelak ini berada pada batuan diorit dengan kualitas beragam dari buruk sampai baik. Metode penggalian pada segmen 1 dan 5 yang melalui batuan dengan kualitas buruk dilakukan dengan metode ripping dikombinasikan bench tambahan dimana laju penggalian dibatasi sekitar 1-1,5 m. Pada segmen 2, 3, dan 4 (batuan kualitas baik) disarankan dengan menggunakan metode penggalian seluruh muka bidang galian dengan laju 1-1,5 m dikombinasikan dengan *bench* tambahan. Pada pendekatan dengan JSCE memberikan hasil metode penggalian yang berupa *full face* untuk kelas B dan metode *benching* untuk kelas CI dan CII. Sistem Penyangga yang disarankan pada segmen 1 dan 5 menggunakan baut batuan dengan diameter 20 mm, panjang 4-5 m, spasi 1-1,5 m, kemudian dikombinasikan dengan *steel sheet* sepanjang 1,5 m. Segmen 2,3, dan 4 menggunakan baut batuan dengan diameter 20 mm, panjang 3 m, spasi 2,5 m, kemudian dikombinasikan shotcrete setebal 5 cm di atap. Analisis dengan metode LEM dan FEM menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda. Lereng alami pada inlet berada pada kondisi tidak stabil, baik dengan pembebanan dengan gempa maupun tanpa gempa. Lereng alami pada outlet terowongan berada pada kondisi stabil. Lereng desain pada inlet dan outlet terowongan berada pada kondisi stabil dengan nilai faktor keamanan lebih besar dari 1,5 pada kondisi tanpa beban gempa dan lebih besar dari 1,1 pada kondisi dengan beban gempa.

Kata kunci: Bendungan Bulango Ulu, terowongan, RMR, Sistem-Q, GSI, kestabilan lereng, metode penggalian, sistem penyangga, FEM, LEM.

ABSTRACT

Bulango Ulu Gorontalo Dam uses a tunnel as a diversion channel. The tunnel design is planned to be a horseshoe type with 368 m and an opening diameter of 8.4 m. The dam was developed to achieve PUPR's 2030 vision, increasing the water storage ratio from 50 to 120 m³/capita/year. Apart from ensuring water availability, this infrastructure can also control the destructive power of water or flooding, which has been a problem for years in Gorontalo City. Previous research carried out is an empirical approach using the RMR method to determine the quality of rock mass, excavation methods, and geometric designs on the inlet and outlet slopes of the tunnel. Several geological investigations have also been carried out in previous studies. In this research, geological and engineering geology mapping, rock mass observation and analysis using RMR, GSI, Q-System, and JSCE were carried out, and slope stability analysis both with earthquake loads and without earthquake loads. The earthquake analysis was carried out pseudostatically, and the slope stability analysis was carried out using the boundary equilibrium method (LEM) and the finite element method (FEM). The results showed that the study area was composed of igneous rock of diorite and gravels deposits. In the study area, there are geological structures in the form of normal faults, dextral shear faults and shear joints. Based on the level of weathering, the research area can be divided into five geological engineering units: highly weathered diorite units, moderately weathered diorite units, low weathered diorite units, and gravel-gravel deposits. The quality of subsurface rock mass based on GSI is divided into five units: very poor quality diorite, poor quality diorite, medium quality diorite, good quality diorite, and very good quality diorite. The quality of the subsurface rock mass based on the Q-System is divided into four units, namely, very extreme poor quality diorite, very bad, poor quality diorite and good quality diorite. This evasive tunnel path is in diorite rock with varying quality from bad to good. The excavation method for segments 1 and 5 through the poor quality rock was carried out by the ripping method combined with an additional bench where the excavation rate was limited to about 1-1.5 m. In segments 2, 3, and 4 (good quality rock), it is recommended to excavate the entire face of the excavated area at a rate of 1-1.5 m combined with an additional bench. The JSCE approach gives the results of the excavation method in the form of full-face for class B and the benching method for class CI and CII. The recommended support system in segments 1 and 5 uses rock bolts with a diameter of 20 mm, length of 4-5 m, spacing of 1-1.5 m, then combined with a steel sheet of 1.5 m long. Segments 2,3, and 4 use rock bolts with a diameter of 20 mm, a length of 3 m, a spacing of 2.5 m, then combined with 5 cm thick shotcrete on the roof. Analysis using the LEM and FEM methods showed similar results. The natural slope at the inlet is unstable, both with earthquake and without earthquake loading. The natural slope at the tunnel outlet is in a stable condition. The design slope at the inlet and outlet of the tunnel is stable with a safety factor value greater than 1.5 under conditions without earthquake loads and greater than 1.1 under conditions with earthquake loads.

Keywords: *Bulango Ulu Dam, tunnel, RMR, Q-system, GSI, slope stability, excavation method, support system, FEM, LEM.*