

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi geologi teknik, mengidentifikasi rekomendasi metode ekskavasi, sistem penyangga, dan analisis kestabilan pada tahap perencanaan Terowongan Pelimpah di Bendungan Sidan Bali. Analisis kestabilan lereng dan terowongan perlu dilakukan karena lokasi terowongan terletak pada zona rawan gempa dan gerakan tanah tingkat menengah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pekerjaan lapangan berupa pemetaan geologi teknik, klasifikasi massa batuan, pekerjaan laboratorium terkait sifat keteknikan tanah dan batuan, analisis metode ekskavasi dan sistem penyangga terowongan berdasarkan Sistem Q, *Rock Mass Rating* (RMR), *Rock Mass Index* (RMI), *Geological Strength Index* (GSI), dan *Japan Society of Civil Engineers* (JSCE). Analisis numerik untuk evaluasi kestabilan menggunakan metode elemen hingga pada kondisi beban statis dan dengan beban gempa. Litologi daerah penelitian tersusun dari 3 satuan yaitu: lapili, breksi tuf, dan breksi piroklastik dengan tingkat pelapukan menengah hingga sangat tinggi. Berdasarkan klasifikasi GSI, batuan di permukaan dapat dibagi menjadi satuan batuan kualitas buruk dan batuan kualitas sangat buruk sedangkan pada bawah permukaan diklasifikasikan menjadi satuan batuan kualitas sedang dan batuan kualitas buruk. Mekanisme penggalian terowongan yang direkomendasikan berdasarkan kualitas massa batuan penyusun terowongan adalah dengan kombinasi *digging* dan *ripping*, metode *heading* dan *bench*, dan maju penggalian 1-3 meter. Sistem penyangga terowongan yang direkomendasikan adalah kombinasi *shotcrete* dengan *wiremesh*, *steel rib* dan *rock bolt* dengan beragam ketebalan *shotcrete* atap (60-200 mm) & dinding (30-400 mm) dan panjang (2,6-6 m) & jarak spasi (1-2,5 m) antar *rock bolt*. Berdasarkan evaluasi dengan analisis numerik, lereng portal dengan kemiringan lereng sesuai desain rencana akan tetap stabil, dicirikan dengan Faktor Keamanan lereng lebih dari 1,5 pada kondisi beban statis dan lebih dari 1,1 pada kondisi beban gempa. Terowongan pelimpah dengan sistem penyangga yang direkomendasikan akan tetap stabil pada setiap tahapan penggalian, ditunjukkan dengan nilai keruntuhan atap total kurang dari 10 cm dan faktor kekuatan atap lebih dari 1,5. Hasil penelitian perlu divalidasi berdasarkan hasil *face mapping* dan observasi selama masa penggalian dan konstruksi terowongan.

Kata kunci: deformasi terowongan, kestabilan lereng, klasifikasi massa batuan, metode elemen hingga, dan Terowongan Pelimpah Bendungan Sidan.

ABSTRACT

This research assesses geological engineering conditions and recommends excavation methods, support designs, and stability analysis of the Spillway Tunnel at the Sidan Dam in Bali during the planning stage of construction. The stability analysis of the slopes and tunnels is essential due to the tunnel's location in an area prone to moderate earthquakes and landslides. This research utilized engineering geological mapping, rock mass classification, engineering properties of soil and rock lab tests, analysis of excavation methods and tunnel support systems based on the Q System, Rock Mass Rating (RMR), Rock Mass Index (RMI), Geological Strength Index (GSI), and Japan Society of Civil Engineers (JSCE). Slope and tunnel stability were numerically evaluated using the finite element method under static and seismic loads. The lithology of the study area comprises lapilli, tuff breccias, and pyroclastic breccias with moderate to extreme weathering. Referring to the GSI classification, surface rock is classified as poor and very poor, while subsurface rock is medium and poor. Based on the tunnel's rock mass, a digging-ripping mechanism by heading and bench methods and a 1-3 meter excavation advance were recommended. The recommended tunnel support system is shotcrete with wire mesh, steel rib, and rock bolt with roof shotcrete thicknesses (60-200 mm) and wall shotcrete thicknesses (30-400 mm), rock bolt length (2.6-6 m), and rock bolt spacing (1-2.5 m). According to numerical analysis, the portal slope will remain stable with a slope safety factor higher than 1.5 under static and 1.1 under earthquake load conditions. The total displacement of the tunnel's roof values of less than 10 cm and roof strength factors of greater than 1.5 at each excavation stage indicates that the tunnel with the recommended support system will be stable. However, face mapping analysis and further investigation must be conducted during the excavation and construction to validate the research results.

Keywords: tunnel deformation, slope stability, rock mass classification, finite element method, and Spillway Tunnel of Sidan Dam.