

INTISARI

Pembangunan terowongan Jalan Tol Pekanbaru – Padang, khususnya dalam perancangan terowongan memerlukan penyelidikan geologi untuk mengetahui kondisi geologi baik itu permukaan ataupun bawah permukaan. Salah satu hasil penyelidikan geologi tersebut adalah mengetahui kualitas massa batuan sebagai bahan masukan dalam desain kestabilan lereng portal serta kestabilan penyangga terowongan. Selain itu, faktor kegempaan juga merupakan parameter penentu, mengingat lokasi penelitian merupakan daerah yang memiliki intensitas gempa yang tinggi. Desain gempa untuk kestabilan lereng menggunakan metode Pseudostatik, yaitu dengan koefisien gempa yang ditentukan berdasarkan SNI 8460 – 2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik. Desain gempa pada terowongan menggunakan metode Dinamis *Time History*, yang didapat dari data alat akselerograf dari USGS di tahun 2007 di lokasi penelitian.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pekerjaan di lapangan berupa pemetaan geologi, pengukuran nilai *Rock Mass Rating* (RMR) batuan permukaan dan bawah permukaan, pekerjaan laboratorium tanah dan batuan berupa *indeks properties*, petrografi batuan, dan *point load test*, analisis metode ekskavasi bukaan terowongan menggunakan ketentuan Pettifer dan Fookes (1994) dan JSCE (2007), serta analisis kestabilan lereng dan kekuatan terowongan dengan metode *finite element* menggunakan RS2 (*Rocscience*).

Hasil penelitian geologi di permukaan menunjukkan jenis batuan di daerah penelitian adalah batupasir kuarsa dengan sisipan batulanau yang memiliki tingkat pelapukan rendah hingga sangat tinggi. Struktur geologi yang ditemukan berupa sesar turun dan sesar geser sinistral. Arah kelurusan pada daerah penelitian dominan berdasarkan diagram mawar adalah baratlaut – tenggara. Aspek geomorfologi daerah penelitian memiliki kelerengan curam hingga terjal, yaitu 17° - 35° .

Hasil penyelidikan seismic refraksi dan *uniaxial compression test* dapat digunakan rumus empiris dari Barton (1974, 1995, dan 2007) dan Bienewski (1989) untuk mendapatkan Kualitas Massa Batuan bawah permukaan. Hasil kualitas massa batuan bawah permukaan tersebut berupa nilai Q-System, RMR, dan GSI.

Dari hasil analisis kemiringan lereng portal terowongan memiliki kriteria lereng yang aman, yaitu memiliki nilai *Strength Reduction Factor* (SRF) lereng inlet sebesar 2,64 tanpa beban gempa dan 1,31 dengan beban gempa pseudostatik dan lereng outlet sebesar 2,9 tanpa beban gempa dan 1,52 dengan beban gempa pseudostatik. Metode ekskavasi yang tepat adalah metode penggalian *easy ripping*, *hard digging* dan *hard ripping* dengan menggunakan alat berat *excavator* dan *road header* (Pettifer and Fokes, 1994), tahapan penggalian terowongan termasuk kriteria C1, C2, dan D1 (JSCE, 2007). Dalam analisis ini akan dipilih sistem penyangga terowongan yang lebih baik antara desain awal penyedia jasa, RMR, Q-System dan JSCE (2007). Hasil analisis persentase pengurangan nilai *displacement* dibandingkan dengan kondisi tanpa kekuatan adalah sebesar 34,71% (tanpa gempa) dan 34,59% (dengan gempa) untuk desain awal penyedia jasa, 16,54% (tanpa gempa) dan 15,87% (dengan gempa) untuk kekuatan RMR dan Q-System, serta 35,46% (tanpa gempa) dan 32,61% (dengan gempa) untuk kekuatan JSCE (2007). Nilai persentase pengurangan jumlah *yielded element* dibandingkan dengan kondisi tanpa kekuatan adalah sebesar 36,84% (tanpa gempa) dan 36,73% (dengan gempa) untuk desain awal penyedia jasa, 27,28% (tanpa gempa) dan 23,90% (dengan gempa) untuk kekuatan RMR dan Q-System serta 37,51% (tanpa gempa) 37,46% (dengan gempa) untuk

perkuatan JSCE (2007). Faktor gempa dinamis terowongan menggunakan metode *time history*, menunjukkan bahwa terowongan 2 Jalan Tol Padang – Pekanbaru tidak mengalami pengaruh signifikan dengan beban gempa 8,4 M, namun beban gempa tersebut menurunkan *strength factor* menjadi bernilai 1 yang menandakan adanya potensi retakan-retakan halus dan *rock spalling*. Dengan memperhatikan hal tersebut maka sistem penyangga terowongan yang paling efektif digunakan yaitu sistem penyangga berdasarkan JSCE (2007), karena memberikan nilai persentase pengurangan *displacement* dan *yielded element* terbesar jika dibandingkan dengan desain awal, RMR, dan Q-System.

Kata kunci : Kualitas massa batuan, gempa, lereng, sistem penyangga, terowongan

ABSTRACT

The construction of the Toll Road of Pekanbaru – Padang, especially in the tunnel design, requires a geological investigation to determine the geological conditions both surface and subsurface. One of the results of the geological investigation is to determine the quality of rock mass as input material in the design of portal slope stability, as well as the stability of tunnel support. In addition, seismic factor is also a determining parameter, considering the research site is an area that has high earthquake intensity. The earthquake design for the slope stability uses the Pseudo-static method, that is, with the earthquake coefficient determined based on SNI 8460 - 2017 concerning the Requirements for Geotechnical Design. The earthquake design in the tunnel uses the Dynamic Time History method which is obtained from the accelerograph data from USGS in 2007 at the research site.

The methods used in this research include the field works in the form of geological mapping, measurement of Rock Mass Rating (RMR) surface and subsurface rocks, soil and rock laboratory work in the form of index properties, rock petrography, and point load test; the analysis of excavation of tunnel opening uses the regulation of Pettifier and Fookes (1994), and JSCE (2007); and the analysis of slope stability and tunnel reinforcement, with the finite element method, uses RS2 (Rocscience).

The results of geological research on the surface indicate that the type of rocks at the research site is quartz sandstone, with silt stone layer which have a low to very-high weathering level. The geological structure found is in the form of a down fault and a sinistral shear fault. The direction of liniament at the research site, dominantly based on the rose diagram, is northwest to southeast. The geomorphological aspects at the research site have steep slopes namely 17° to 35°.

The results of the investigation of seismic refraction and uniaxial compression test can use the empirical formulas from Barton (1974, 1995 and 2007) and Bienewski (1989) to obtain the quality of subsurface rock mass. The results of the quality of the subsurface rock mass are in the form of the values of Q-System, RMR, and GSI.

From the results of the slope analysis, the tunnel portal has the safe slope criteria, which has the value of the inlet slope of Strength Reduction Factor (SRF) at 2.64, without the earthquake load, and 1.31 with the pseudo-static earthquake load; and for the outlet slope is 2.9, without the earthquake load, and 1.52 with the pseudo-static earthquake load. The right excavation method is the easy ripping, hard digging, and hard ripping, excavation method using the excavator and road header (Pettifer and Fokes, 1994), and the stages of excavation of the tunnel include the criteria C1, C2, and D1 (JSCE, 2007). In this analysis, a better tunnel support system will be selected among the initial design of the service provider, RMR, Q-System, and JSCE (2007). The results of the analysis of the percentage reduction in displacement values, compared to the non-support condition, are 34.71% (without the earthquake) and 34.59% (with the earthquake), for the initial design of service provider; 16.54% (without the earthquake) and 15.87% (with the earthquake), for the support system of RMR and Q-System; and 35.46% (without the earthquake) and 32.61% (with the earthquakes), for the support system of JSCE (2007). The reduction percentage values of the yielded element, compared to the non-support condition, are 36.84% (without the earthquake) and 36.73% (with the earthquake), for the initial design of service provider; 27.28% (without the earthquake) and 23.90% (with the earthquake),

for the support system of RMR and Q-System; and 37.51% (without the earthquake) and 37.46% (with the earthquakes), for the support system of JSCE (2007). The dynamic tunnel earthquake factor uses the time history method, indicating that the Tunnel 2 of the toll road of Padang – Pekanbaru does not have a significant influence with the 8.4 M earthquake load, however the earthquake load decreases the value of strength factor to be 1, which indicates the potential for fine cracks and rock spalling. With all of these, then the most effective tunnel buffer system is the buffer system that is based on JSCE (2007), since it gives the largest percentage value of reduction of displacement and yielded element, compared to the initial design of RMR, and Q-System.

Keywords: *rock mass quality, earthquake, slope stability, support system, tunnel*