

ANALISA METODE PENGGALIAN TEROWONGAN JALAN TOL PEKANBARU – PADANG

Oleh : Rikal Andani

Staf Pengajar Prodi Teknik Konstruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Pekerjaan Umum
Jl. Prof. H. Soedarto, SH. Tembalang Semarang
E-mail : rikal.andani@pu.go.id

Abstrak

Pada perencanaan pembangunan Jalan Tol Pekanbaru – Padang, terdapat rencana pembangunan terowongan, dimana dalam perencanaan terowongan diperlukan data kondisi geologi di permukaan dan bawah permukaan. Nilai kualitas massa batuan sebagai salah satu hasil penyelidikan geologi digunakan dalam desain metode penggalian terowongan dimana jenis batuan yang didapatkan dari daerah penelitian adalah batupasir kuarsa dengan sisipan batulanau yang memiliki tingkat pelapukan rendah hingga sangat tinggi. Analisis metode penggalian menggunakan ketentuan Pettifier dan Fookes (1994) dan Japan Society of Civil Engineers (JSCE, 2007), dimana dalam analisa tersebut diperlukan parameter parameter batuan dan tanah seperti nilai Rock Mass Rating (RMR) batuan permukaan dan bawah permukaan, pekerjaan laboratorium tanah dan batuan berupa indeks properties, petrografi batuan, dan point load test. Dari hasil analisis didapatkan metode penggalian yang tepat adalah Easy Ripping, Hard Ripping dan Very Hard Ripping dengan peralatan yang direkomendasikan adalah excavator dan road header. (Pettifer and Fokes, 1994). Tahapan penggalian terowongan mengacu kepada JSCE (2007) adalah kriteria C1, C2, D1 dan D2

Kata Kunci : penggalian terowongan, rock mass rating

Abstract

In the Design for the construction of the Pekanbaru – Padang Toll Road, there is a tunnel construction plan, in which tunnel design requires data of geological on the surface and below the surface. Value of rock mass quality as one of the results of geological investigations is used in the design of the tunnel excavation method where the rock type obtained from the study area is quartz sandstone with siltstone insertion which has a low to very high weathering rate. The analysis of the excavations method uses the provisions of Pettifier and Fookes (1994) and Japan Society of Civil Engineers (JSCE, 2007), where the analysis requires rock and soil parameters such as the rock mass rating (RMR) for surface and subsurface rocks, soil and rock laboratory work in the form of properties index, petrographic rocks, and point load test. From the analysis, it was found that the proper excavation method were easy ripping, hard ripping and very hard ripping with the recommended equipment being excavators and road headers. The stages of tunnel excavation referring to JSCE are the criteria for C1, C2, D1 and D2

Keyword : Tunnel excavation, rock mass rating

1. Pendahuluan

Lima buah Terowongan direncanakan akan dibangun untuk memperpendek trase jalan tol Pekanbaru – Padang yang melewati Bukit Barisan dari simpang susun Payakumbuh ke simpang susun Pangkalan. Terowongan 1 (satu) yang merupakan obyek pada penelitian ini terletak pada Sta 121+150 – Sta 122+920, yang dapat dicapai dari Kota Padang dengan waktu kurang lebih 4 jam dengan memakai kendaraan roda 4.

Pengujian laboratorium pada batuan inti dari hasil *borehole* seperti ultrasonic velocity test, direct shear, triaxial test dan uniaxial compression test telah dilaksanakan oleh PT. Utama Karya (Persero) TBK selaku kontraktor pelaksana pembangunan jalan tol Padang – Pekanbaru dan parameter parameter yang didapatkan dalam pengujian tersebut akan digunakan dalam analisa perancangan metode penggalian terowongan satu ini

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Rock Mass Rating (RMR)

RMR atau biasa dikenal juga sebagai Geomechanics Classification telah banyak dimodifikasi setelah mendapatkan informasi dan studi kasus baru sehingga dapat sesuai dengan prosedur dan standar international. RMR terdiri dari 5 parameter utama dan 1 parameter pengontrol untuk Uniaxial Compressive Strength (UCS), yaitu:

- a. Kuat tekan batuan utuh (UCS)
- b. Rock Quality Designation (RQD)
- c. Jarak diskontinu / kekar
- d. Kondisi diskontinu / kekar
- e. Kondisi air tanah
- f. Koreksi bila diperlukan, terhadap orientasi diskontinuitas / kekar

Parameter – paramater tersebut diberikan nilai pembobotan sesuai dengan hasil investigasi lapangan yang dilakukan, dan kemudian dilakukan perhitungan dari nilai parameter – parameter tersebut.

2.2 Metode Ekskavasi

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan dalam penentuan dan penilaian metode penggalian pada suatu batuan mengacu kepada grafik ekskavabilitas yang telah direvisi oleh Pettifer dan Fookes (1994) dan mengacu kepada JSCE (2007) yang membagi setiap tahapan penggalian. Pada grafik ekskavabilitas ini mempertimbangkan tipe dari peralatan ekskavasi dan persyaratan parameter geologi teknik seperti indeks spasi diskontinuitas (If) dan indeks kekuatan point load (Is(50)) yang diambil dari uji laboratorium. Persamaan yang dipakai adalah:

$$I_f = \frac{3}{J_v} \dots\dots\dots(1)$$

$$J_v = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

If = indeks spasi diskontinuitas

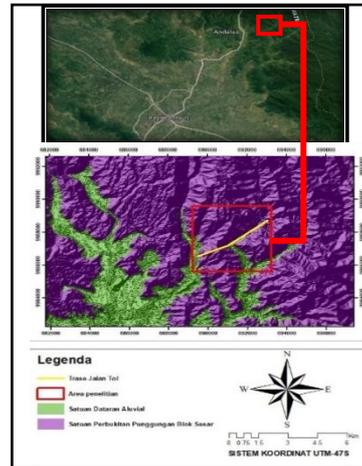
Jv = jumlah dari volumetric joint

S1, S2, S3 = spasi diskontinuitas dari joint set

3. Metodologi Penelitian

3.1 Lokasi Penelitian

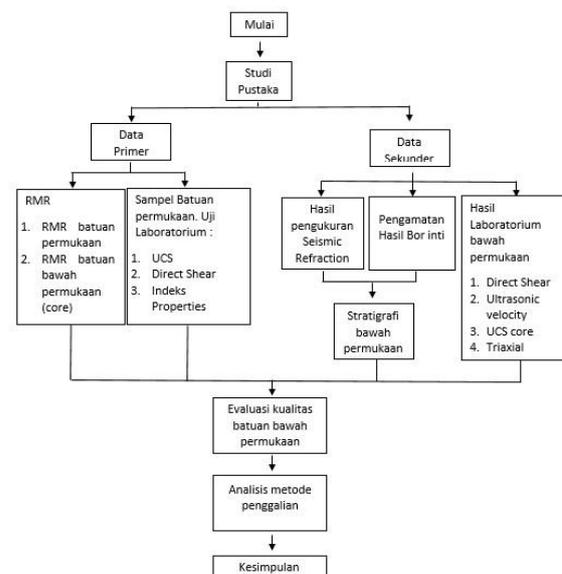
Lokasi penelitian terletak di Jorong Aia Putih dan Jorong Buluah Kasok, Kenagarian Sarilamak, Kecamatan Harau, Kabupaten Limapuluh Kota Provinsi Sumatera Barat dengan koordinat 100°41'59" BT - 100°45'4" BT.



Gambar 1. Peta lokasi terowongan 1, jalan tol Padang – Pekanbaru

3.2 Diagram Alur Penelitian

Data penelitian dikelompokkan menjadi 2 (dua) macam yaitu : data primer dan data sekunder. Kedua data akan menjadi bagian penting dalam analisis dan pembahasan sehingga dapat mencapai tujuan penelitian. Berikut tahapan penelitian dalam bentuk diagram alur penelitian



Gambar 2. Diagram alur penelitian

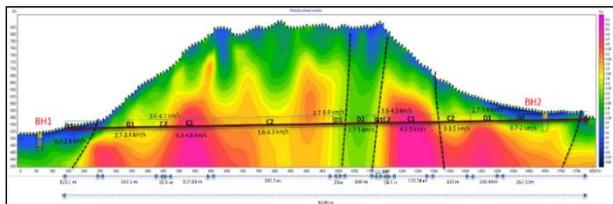
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Rock Mass Rating

Penentuan kualitas massa batuan di bawah permukaan pada penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data kualitas massa batuan inti dari hasil borehole dan data pengujian seismik refraksi.

Dari hasil pengujian batuan inti pada *sample borehole* didapatkan bahwa jenis batuan pada daerah penelitian adalah berjenis batupasir kuarsa dengan sisipan batulanau, dimana batuan jenis ini memiliki kekuatan yang cukup baik dengan nilai *Unconfined Compressive Strength* (UCS) yang di ambil rerata sebagai nilai q_u sebesar 13,83 MPa

Kondisi lapisan bawah permukaan hasil dari pengujian seismik refraksi yang dilakukan pada *center line* di atas rencana trase terowongan satu jalan tol Padang - Pekanbaru diinterpretasikan pada gambar berikut ini :

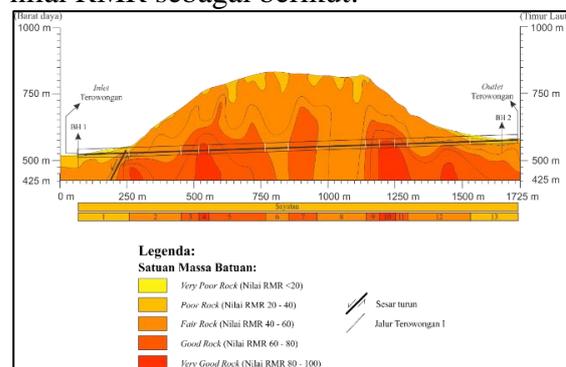


Gambar 3. Hasil Intrepretasi Lapisan Bawah Permukaan Dengan Seismik Refraksi Jalur Terowongan 1 Ruas Jalan Tol Padang – Pekanbaru (PT. Elnusa, 2018)

Warna yang ditunjukkan dari Hasil seismik refraksi menggambarkan tingkat kekerasan dan kualitas batuan pada terowongan dimana warna merah menggambarkan lapisan batuan keras sampai dengan warna biru tua yang menggambarkan lapisan batuan lapuk.

Interpretasi yang dituangkan dalam warna pada gambar di atas berdasarkan klasifikasi *Japan Road Association* (JRA,2002), dimana warna diinterpretasikan dari nilai gelombang primer (V_p) hasil pengujian seismic refraksi yang bervariasi dari 0 sampai 5,60 Km/s.

Melalui persamaan empirik oleh Barton (2007) yang memformulasikan nilai kecepatan gelombang primer seismik refraksi (V_p) dan nilai q_u rata – rata dari hasil pengujian batuan inti *sample borehole* menjadi nilai kualitas massa batuan berupa Q value dan kemudian setelah Q value telah didapatkan nilai RMR (Barton, 1995) dan nilai GSI (Bieniawski, 1989 & Barton, 1974) dapat dihitung, sehingga gambar lapisan batuan hasil interpretasi seismik refraksi di atas dapat digambarkan kembali berdasarkan nilai RMR sebagai berikut:



Gambar 4. Lapisan Bawah Permukaan Terowongan 1 Ruas Jalan Tol Padang – Pekanbaru berdasarkan nilai RMR

Hasil perhitungan RMR yang digambarkan dalam gambar 4 di atas, membagi satuan massa batuan yang ada pada rencana terowongan satu menjadi lima satuan massa batuan yaitu:

- Sangat jelek (nilai RMR < 20)
- Jelek (nilai RMR 20-40)
- Sedang (nilai RMR 40-60)
- Baik (nilai RMR 60-80)
- Sangat baik (nilai RMR 80-100)

4.2 Metode Ekskavasi

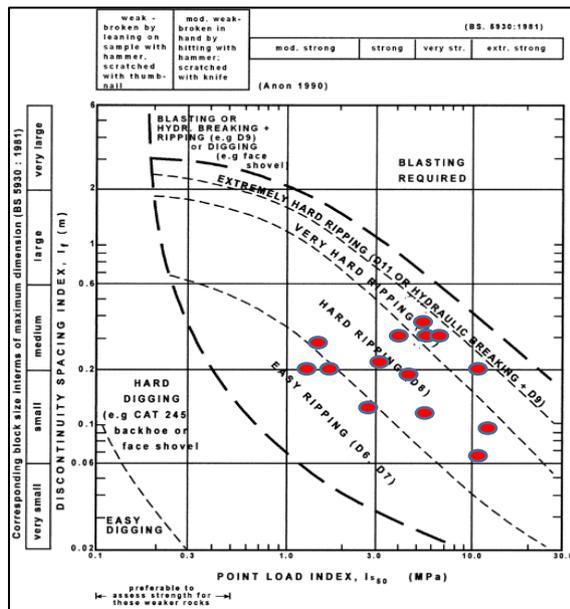
Grafik ekskavabilitas oleh Pettifer dan Fokes, 1994 dijadikan acuan dalam penentuan metode ekskavasi pada penelitian ini. Parameter yang digunakan dalam penentuan metode ekskavasi terowongan adalah data singkapan batuan permukaan di daerah penelitian yang memiliki nilai indeks kekuatan *point load* ($I_{s(50)}$) dan indeks spasi dikontinuitas (I_f). Hasil yang didapatkan dari analisis ini adalah metode penggalian dan tipe dari

peralatan penggalian pada bukaan terowongan.

Berdasarkan hasil analisis dari beberapa STA yang terdapat variasi jumlah kekar dan nilai *point loadnya*, dimana kemudian diplot dalam grafik ekskavabilitas maka dapat disimpulkan bahwa metode ekskavasi yang dapat dilakukan pada bukaan terowongan di daerah studi adalah menggunakan metode *Easy Ripping, Hard Ripping dan Very Hard Ripping*. Metode ini biasa dilakukan pada massa batuan yang memiliki kuat tekan atau sifat keteknikan relatif sedang.

Tabel 1. Parameter analisis metode penggalian

No	Lokasi Pengamatan	$I_s(50)$	I_f
1	Sta 1	3,48	0,23
2	Sta 3	7,62	0,37
3	Sta 6	9,35	0,32
4	Sta 7	2,02	0,32
5	Sta 8	7,21	0,38
6	Sta 10	1,78	0,20
7	Sta 13	5,63	0,38
8	Sta 16	3,22	0,13
9	Sta 20	11,20	0,07
10	Sta 22	0,10	0,15
11	Sta 23	13,66	0,24
12	Sta 25	1,85	0,24
13	Sta 30	6,64	0,20
14	Sta 31	7,64	0,12
15	Sta 35	14,14	0,12



Gambar 5. Grafik ekskavabilitas terowongan satu jalan tol Pekanbaru – Padang

Berdasarkan hasil plotting pada grafik ekskavabilitas (Pettifer dan Fokes, 1994), didapatkan metode ekskavasi terowongan yang sesuai pada daerah penelitian dengan menggunakan cara *Easy Ripping, Hard Ripping dan Very Hard Ripping* dengan peralatan yang direkomendasikan yaitu excavator atau road header.

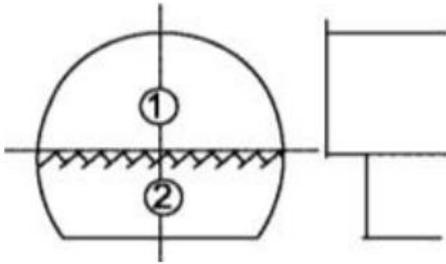
Dari hasil perhitungan RMR atau kualitas massa batuan hasil interpretasi gelombang primer (V_p) pengujian seismic refraksi pada jalur terowongan, yang dimasukkan kedalam ketentuan dari JSCE (2007) didapatkan bahwa terowongan berada pada kategori C1, C2, D1 dan D2. Kategori C1 dan C2 menurut JSCE (2007) adalah kondisi dimana kekuatan batuan lebih besar daripada beban yang disebabkan oleh penerowongan sehingga batuan pada kategori ini mempunyai kemampuan untuk menyangga muka bidang penggalian. Sedangkan kategori D1 dan D2 menurut JSCE (2007) adalah kondisi dimana kekuatan batuan lebih besar daripada beban yang disebabkan oleh penerowongan, sehingga deformasi plastis dan deformasi elastis akan terjadi sebageaian. Hal ini juga akan menyebabkan muka galian menjadi tidak stabil dan memerlukan tahapan penggalian yang lebih banyak daripada kategori batuan C1 dan C2.

Tabel 2. Klasifikasi dan Karakteristik Metode Penggalian Terowongan (JSCE, 2007)

Metode penggalian	Pembagian muka bidang galian	Kondisi media yang sesuai	Kategori batuan	Ketebalan	Ketahanan
Penggalian seluruh muka bidang galian dengan bench sederhana		• Metode batuan/batu dengan kondisi sangat lunak dan mudah dibelah dengan metode seluruh muka sakti untuk pemrosesan	C1 dan C2	• Homal hingga ketebalan penggalian hingga 10m dan tidak dibatasi secara mekanis dan peralat	• Jika muka bidang galian menjadi tidak stabil, sakti untuk menggali dengan metode penggalian lainnya.
Metode penggalian dengan bench panjang		• Metode batuan/batu yang lunak, tetapi diselingi dengan media yang lebih keras	D1 dan D2	• Penggalian bagian atas heading dan bawah yang dilakukan bergantian atau menggunakan penggunaan perlatan dan tenaga kerja	• Penggalian yang bergantian akan mempengaruhi muka kontornya
Metode penggalian dengan bench pendek		• Metode yang cukup stabil, tetapi media menjadi lebih keras saat penggalian sakti untuk dibalik		• Dapat beresolusi dengan perubahan kondisi media	• Penggalian paralel diperlukan untuk menstabilkan muka kontornya heading dan bench
Metode penggalian dengan bench kecil		• Metode penggalian cakar (ring cut) dengan jua muka bidang galian sakti stabil		• Penggalian bagian atas heading dan bawah yang bergantian menggunakan penggunaan perlatan dan tenaga kerja	• Penggalian yang bergantian akan mempengaruhi muka kontornya
Metode penggalian dengan bench gendak		• Jika diperlukan pengendalian homogenitas		• Penutupan (closure) lebih awal dengan menaruh tenaga kerja media untuk stabilisasi	• Penggalian paralel diperlukan untuk menstabilkan muka kontornya heading dan bench
Metode penggalian dengan bench gendak		• Digunakan granat yang membebaskan pemrosesan dan alat pemrosesan penggalian		• Penggalian bagian atas heading dan bawah yang bergantian menggunakan penggunaan perlatan dan tenaga kerja	• Penggalian yang bergantian akan mempengaruhi muka kontornya
Metode penggalian dengan bench gendak		• Metode penggalian cakar (ring cut) dengan jua muka bidang galian sakti stabil		• Penutupan (closure) lebih awal dengan menaruh tenaga kerja media untuk stabilisasi	• Penggalian paralel diperlukan untuk menstabilkan muka kontornya heading dan bench
Metode penggalian dengan bench gendak		• Metode yang cukup lunak untuk beresolusi dengan pemrosesan yang tinggi dan kasar	D1 dan E	• Muka bidang galian dapat dengan mudah distabilisasi	• Deformasi yang besar dapat terjadi jika pengalihan penggalian dilakukan pada bagian atas dan bawah
Metode penggalian dengan bench gendak		• Metode yang lunak dan memantukan bagian kecil heading untuk menstabilkan muka bidang galian			• Diperlukan pemantauan dengan hati-hati terhadap perubahan material pada bench bawah

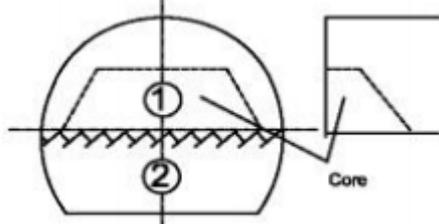
Untuk kategori C1 dan C2 tahapan penggalian dilakukan dengan dua tahapan penggalian (*bench*) dimana penggalian terowongan dilakukan pada setengah bagian atas terlebih dahulu (1) kemudian setelah itu penggalian dilakukan pada

bagian bawah (2) dengan panjang bench 2 m Sampai dengan 4m



Gambar 6. Pembagian muka bidang galian pada kategori batuan C1 dan C2 (JSCE, 2007)

Sedangkan untuk kategori D1 dan D2 tahapan dilakukan dengan tiga tahapan *bench* dimana seperti pada kategori C1 dan C2, penggalian dilakukan bertahap dengan cara sepertiga bagian atas digali terlebih dahulu kemudian secara bertahap dilakukan penggalian kembali untuk bagian dibawahnya.



Gambar 7. Pembagian muka bidang galian pada kategori batuan D1 dan D2 (JSCE, 2007)

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Metode ekskavasi bukaan terowongan yang tepat untuk daerah penelitian adalah dengan menggunakan metode *Easy Ripping, Hard Ripping dan Very Hard Ripping*. Untuk peralatan yang direkomendasikan yaitu *excavator* dan *road header*. Tahapan penggalian menggunakan metode *bench* sesuai dengan ketentuan dari JSCE (2007), pada kategori batuan C1 dan C2 dilakukan penggalian dengan dua *bench*. Dan pada kategori D1 dan D2 dilakukan dengan tiga *bench*.

5.2 Saran

Perhitungan ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan perhitungan kestabilan dan kekuatan

terowongan dan portal terowongan agar desain terowongan satu jalan tol Pekanbaru – Padang ini dapat diterapkan dalam konstruksi terowongan.

DAFTAR PUSTAKA

- Barton, Nick, et al. Engineering Clasification of Rock Masses For The Design of Tunnel Support, 1974
- Barton, Nick, The Influence of Joint Properties in Modelling Jointed Rock Mass. 1995
- Barton, Nick. Rock Mass Characterization for Excavations in Mining and Civil Eneineering, 2007
- Biniawsky, Z.T. Engineering Rock Mass Clasification Mining and Mineral Resources Research Institute. Pennsylvania State University, 1989
- Desyanti, Ariestianty, Susy K., Aldiamar, F. 2012. Naskah ilmiah : kajian Perencanaan dan Pelaksanaan Terowongan Pada Media Campuran Tanah – Batuan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Elnusa (Tbk) PT, Final Report Jasa Geological Boring Survey & Seismic Refraction Survey Jalan Tol Ruas Pekanbaru – Padang (Seksi Pangkalan – Payakumbuh). Jakarta : Tidak dipublikasikan, 2018
- FHWA. 2009. Technical Manual for Design and Construction of Road Tunnels – Civil Elements. FHWA-NHI-10-034, December
- Japan Societyof Civil Enngineers (JSCE). 2007. Standard Spesifications for Tunneling-2006 : Mountain Tunnels. Tokyo ; JSCE
- Pettifer, G.S., Fookes, P.G. “A Revision of the Graphical Method forAssessing The Excavatability of Rock. “Quarterly Journal of Engineering Geology 27 (1994): 145-164
- Silitonga. P.H dan Kastowo. Peta Geologi Lembar Solok, Sumatera, Skala 1:250.000, 1 lembar. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1995

