

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
ABSTRAK.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	2
I.4 Manfaat penelitian	3
I.5 Lingkup Penelitian.....	3
I.5.1 Lokasi penelitian	3
I.5.2 Lingkup Pekerjaan	4
I.6 Batasan Penelitian	5
I.7 Penelitian Terdahulu.....	6
I.8 Keaslian Penelitian	7
BAB II GEOLOGI REGIONAL.....	8
II.1 Fisiografi dan Geomorfologi	8
II.2 Stratigrafi Regional	9
II.3 Struktur Geologi Regional.....	10
II.4 Potensi Kerentanan gerakan tanah.....	11
II.5 Zona Wilayah Gempa.....	12
BAB III DASAR TEORI.....	13
III.1 Pemetaan dan Penyelidikan Geologi Teknik.....	13
III.1.1 Pemetaan Geologi Teknik Permukaan.....	14
III.2 Pengujian Sifat Indeks Dan Keteknikan Tanah dan Batuan di Laboratorium	15

III.2.1 Sifat Indeks Tanah dan Batuan	15
III.2.2. Sifat Keteknikan Tanah dan Batuan	17
III.3 Klasifikasi Kualitas Massa Batuan	21
III.3.1 Rock Quality Designation (RQD)	22
III.3.2 Rock Mass Rating (RMR)	24
III.3.3 Geological Strength Index (GSI)	30
III.3.4 Hubungan RMR, GSI dan Q_{system}	38
III.4 Kestabilan Lereng	39
III.5. Faktor Kegempaan	41
III.6 Metode Penggalian Terowongan	48
III.7 Kestabilan dan Sistem Penyangga Terowongan	57
III.8 Perangkat Lunak RS2 (Rocscience, Inc)	59
III.9. Kriteria Keruntuhan dari Hoek dan Brown untuk Aplikasi dalam RS2 (Rocscience, Inc)	62
III.9. Horisontal / Vertikal Stress Ratio (k)	65
III.10 Hipotesis	65
BAB IV METODE PENELITIAN	67
IV.1 Alat dan Bahan Penelitian	67
IV.2 Tahapan Penelitian	67
IV.2.1 Pekerjaan Pendahuluan	68
IV.2.2 Pengumpulan Data	69
IV.2.3 Penyelidikan Laboratorium	72
IV.2.4 Analisis Data	74
IV.2.5 Evaluasi Hasil	78
IV.2.6 Pelaporan	79
IV.3 Diagram alir penelitian	79
BAB V PENYAJIAN DAN HASIL ANALISIS	81

V.1. Karakteristik Geologi Teknik Daerah Penelitian.....	81
V.1.2 Aspek Batuan dan Tanah.....	85
V.1.3 Struktur Geologi	103
V.1.4 Aspek Hidrogeologi.....	105
V.2. Faktor kegempaan.....	105
V.2.1 Metode pseudostatik	106
V.2.2. Metode dinamis <i>Time History</i>	107
V.3. Analisis kemiringan lereng pada portal terowongan	108
V.4. Analisis metode penggalian	113
V.5. Analisis Kestabilan Terowongan.....	117
BAB VI PEMBAHASAN.....	125
VI.1. Evaluasi Kemiringan Lereng Pada Portal Terowongan	125
VI.2. Evaluasi Metode Ekskavasi Pada Terowongan.....	126
VI.3. Evaluasi Sistem Penyangga Terowongan.....	127
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....	134
VII.1. Kesimpulan.....	134
VII.2. Saran	135
DAFTAR PUSTAKA.....	136
LAMPIRAN.....	141

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Daerah Penelitian. Daerah penelitian ditunjukkan oleh tanda berwarna merah.....	4
Gambar 2.1. Zona Fisiografis berdasarkan tektonik menurut Bemmelen (1949) daerah penelitian pada kotak merah	8
Gambar 2.2 Kondisi geologi regional daerah penelitian berdasarkan bagian dari Peta Geologi Lembar Solok, Sumatera (Silitonga dan Kastowo, 1995).....	9
Gambar 2.3 Peta Struktur Geologi Sumatera, daerah penelitian terletak pada kotak merah (Barber dkk., 2005)	10
Gambar 2.4 Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah lokasi penelitian berdasakan bagian dari peta zona kerentanan tanah Provinsi Sumatera Barat (PVMBG, 2018)	11
Gambar 3.1. Peralatan untuk pengujian kuat geser tanah	19
Gambar 3.2. Tipe dan syarat contoh batuan uji <i>point load test</i> (ISRM, 1985)	20
Gambar 3.3. Chart estimasi nilai gsi untuk batuan terkekarkan (Hoek And Marinos, 2000)	32
Gambar 3.4 Spektrum respons desain, dibentuk menggunakan metode tiga titik (AASHTO, 2012)	46
Gambar 3.5 Grafik penilaian ekskavabilitas pada batuan (<i>Pettifer and Fookers</i> , 1994) ..	50
Gambar 3.6 Persyaratan penyangga batuan menggunakan RMR dan <i>Q System</i> (Lwin, 2009)	58
Gambar 3.7 Tipe elemen dua dimensi dalam FEM (Suhendro, 2000).....	64
Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian	80
Gambar 5.1 Peta kemiringan lereng pada daerah penelitian (Fadli,2019)	82
Gambar 5.2 Peta geomorfologi pada daerah peneltian (Fadli, 2019)	83
Gambar 5.3. Morfologi pada daerah penelitian dengan satuan dataran – landaian fluvial di sekitar sungai Batang Buluah Kasok (Fadli, 2019)	84
Gambar 5.4. Satuan perbukitan blok sesar berlereng miring – curam ekstrim	85
Gambar 5.5. Peta pola kelurusan pada jalur terowongan	86
Gambar 5.6. <i>Rose diagram</i> pada jalur terowongan	87
Gambar 5.7 Peta geologi daerah penelitian (Fadli, 2019).....	88
Gambar 5.8. Batuan batupasir kuarsa pada satuan batupasir kuarsa dengan sisipan batulanau pada lokasi pengamatan sta 16 dengan struktur masif terkekarkan (Fadli, 2019).....	89

Gambar 5.9. Batuan batulanau pada satuan batupasir kuarsa dengan sisipan batulanau pada lokasi pengamatan sta 22 dengan struktur terkekarkan (Fadli, 2019)	90
Gambar 5.10. Satuan endapan pasir kerakalan yang hadir sebagai teras sungai pada aliran sungai batang sanipan Fadli, 2019).....	91
Gambar 5.11. Peta lintasan geologi daerah penelitian	92
Gambar 5.12. Peta geologi teknik batuan dan tanah daerah penelitian.....	94
Gambar 5.13. Satuan geologi teknik A dan Satuan geologi teknik C (Fadli, 2019)	95
Gambar 5.14. Satuan geologi teknik B (Fadli, 2019)	96
Gambar 5.15. Satuan geologi teknik C (Fadli, 2019)	97
Gambar 5.16. Hasil interpretasi lapisan bawah permukaan terowongan satu jalan tol Pekanbaru – Padang dengan seismik refraksi (PT. Elnusa, 2018).....	101
Gambar 5.17 Profil kualitas massa batuan bawah permukaan.....	103
Gambar 5.18. Sesar turun pada satuan batu pasir kuarsa pada lokasi pengamatan sta 27 (Fadli, 2019).....	104
Gambar 5.19. Set kekar pada daerah penelitian (Fadli, 2019)	105
Gambar 5.20. Data grafik akselerograf USGS di Pulau Sikuai, Provinsi Sumatera Barat	107
Gambar 5.21 Penyerderhanaan profil terowongan.....	108
Gambar 5.22. Profil lereng pada inlet terowongan	109
Gambar 5.23 Profil lereng pada outlet terowongan	109
Gambar 5.24. Hasil analisis kestabilan lereng inlet portal terowongan, (a) Analisis tanpa beban gempa $SF=1,8$; Analisis dengan gempa pseudostatik $SF=1,13$	111
Gambar 5.25. Hasil analisis kestabilan lereng outlet portal terowongan, (a) Analisis tanpa beban gempa $SF=2,13$; (b) Analisis dengan beban gempa pseudostatik $SF=1,2$	112
Gambar 5.26. Grafik ekskavabilitas terowongan satu jalan tol Pekanbaru - Padang.....	114
Gambar 5.27. Tahapan penggalian dan pemasangan perkuatan terowongan pada section 4 desain awal (PT. Utama Karya)	116
Gambar 5.28. Hasil pemodelan RS2 untuk <i>displacement</i> dan <i>yielded element</i> tanpa beban gempa pada sayatan 8	124
Gambar 5.29 Hasil pemodelan RS2 untuk <i>strength factor</i> tanpa beban gempa	124
Gambar 6.1 Hasil analisis <i>displacement</i> terowongan tanpa beban gempa.....	128
Gambar 6.2 Hasil analisis jumlah <i>yielded element</i> terowongan tanpa beban gempa.....	128
Gambar 6.3 Hasil analisis <i>displacement</i> terowongan dengan beban gempa.....	129

Gambar 6.4 Hasil analisis jumlah <i>yielded element</i> terowongan dengan beban gempa..	129
Gambar 6.5. Hasil analisis <i>strength factor</i> sayatan 7 tanpa beban gempa.....	131
Gambar 6.6. Hasil analisis <i>strength factor</i> sayatan 7 dengan beban gempa menyebabkan perubahan pada lantai terowongan.....	131
Gambar 6.7. Hasil <i>displacement</i> analisis numerik RS2 pada sayatan 13 menggunakan perkuatan sistem penyangga desain awal penyedia jasa dan penambahan material <i>grouting</i>	132
Gambar 6.8. Hasil <i>Yielded element</i> analisis numerik RS2 pada sayatan 13 menggunakan perkuatan sistem penyangga desain awal penyedia jasa dan penambahan material <i>grouting</i>	133
Gambar 6.9. Hasil <i>Strenght Factor</i> analisis numerik RS2 pada sayatan 13 menggunakan perkuatan sistem penyangga desain awal penyedia jasa dan penambahan material <i>grouting</i>	133

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Penelitian terdahulu yang digunakan sebagai pustaka terkait daerah penelitian	6
Tabel 3.1. Kualitas massa batuan berdasarkan RQD (<i>Deere dan Miller, 1996</i>).....	23
Tabel 3.2 Indeks kekuatan material batuan utuh (UCS) (<i>Bieniawski, 1989</i>).....	25
Tabel 3.3. Indeks <i>Rock Quality Designation</i> (RQD) (<i>Bieniawski, 1989</i>).....	26
Tabel 3.4. Indeks spasi diskontinuitas (<i>Bieniawski, 1989</i>)	26
Tabel 3.5. Indeks kondisi bidang lemah/diskontinuitas (<i>Bieniawski, 1989</i>).....	27
Tabel 3.6. Kondisi bidang lemah/diskontinuitas pada kondisi air tanah (<i>Bieniawski, 1989</i>)	27
Tabel 3.7. Pengaruh Orientasi Diskontinuitas Antara <i>Strike Dip</i> Massa Batuan Terhadap <i>Strike</i> Terowongan (<i>Bieniawski, 1989</i>)	28
Tabel 3.8. Orientasi diskontinuitas (<i>Bieniawski, 1989</i>)	28
Tabel 3.9. Kualitas massa batuan (<i>Bieniawski, 1989</i>).....	29
Tabel 3.10. Panduan penggalian dan sistem penyangga terowongan dengan rentang 10 meter dengan sistem RMR (<i>Bieniawski, 1989</i>)	29
Tabel 3.11 Estimasi nilai <i>Uniaxial Compressive Strength</i> di lapangan untuk batuan utuh (<i>Hoek dan Brown, 1998</i>).....	33
Tabel 3.12 Klasifikasi tingkat pelapukan pada massa batuan (<i>ISRM, 1978</i>).....	34
Tabel 3.13 Penentuan kondisi kekar (<i>joint condition</i>) jika terdapat <i>infilling</i> (<i>Bieniawski, 1989</i>).....	34
Tabel 3.14 Penentuan kondisi kekar (<i>joint condition</i>) tanpa <i>infilling</i> (<i>Bieniawski, 1989</i>)	35
Tabel 3.15 Petunjuk estimasi nilai D (<i>Hoek and Brown, 2002</i>)	37
Tabel 3.16 Kualitas GSI massa batuan (<i>Bieniawski, 1989</i>)	37
Tabel 3.17 Klasifikasi Situs (AASHTO (2012))	42
Tabel 3.18 Faktor amplifikasi untuk PGA dan periode 0,2 detik (<i>F_{pga}</i> dan <i>F_a</i>) (AASHTO, 2012).....	45
Tabel 3.19 Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (<i>F_v</i>)	45
Tabel 3.20 Klasifikasi dan Karakteristik Metode Penggalian Terowongan (<i>JSCE, 2007</i>)	51
Tabel 3.21 Nilai <i>Excavation Support Ratio</i> (<i>ESR</i>) Untuk Variasi Struktur <i>Underground</i> (<i>Barton, dkk, 1974</i>).....	59
Tabel 3.22 Perhitungan konstan pada massa batuan undisturbed (<i>Hoek et al, 1995</i>)	63
Tabel 5.1 Deskripsi kondisi batuan dan tanah daerah penelitian	97

Tabel 5.2. Nilai Compression Strength dari hasil uji PT Elnusa (2018).....	100
Tabel 5.3. Nilai Kualitas Massa Batuan berdasarkan Persamaan Empirik	102
Tabel 5.4 hasil <i>ultrasonic velocity test</i> pada lokasi penelitian	106
Tabel 5.5. Parameter <i>material properties</i> masing – masing lapisan	110
Tabel 5.6. <i>Material properties</i> terowongan (concrete) (Arcadia, 2009).....	110
Tabel 5.7. Parameter analisis metode penggalian	113
Tabel 5.8. Tahapan ekskavasi terowongan pada daerah penelitian.....	115
Tabel 5.9. Desain sistem perkuatan oleh PT. Utama Karya (2018).....	118
Tabel 5.10 Desain sistem perkuatan menurut JSCE (2007).....	118
Tabel 5.11. Desain sistem perkuatan menurut RMR / <i>Qsystem</i>	118
Tabel 5.12 <i>Properties of rockbolt</i> (Phanthoudeth dkk., 2016).....	119
Tabel 5.13 <i>Properties of shotcrete</i> (Phanthoudeth dkk., 2016)	119
Tabel 5.14 <i>Properties of stell arch / steel rib</i> (Phanthoudeth dkk., 2016).....	119
Tabel 5.15 <i>Properties of invert</i> (BWS Sumatera VII, 2014)	119
Tabel 5.16 Nilai <i>Modulus Young</i> Horisontal Tiap Lapisan.....	120
Tabel 5.17 Nilai <i>Horisontal / Vertical Stress Ratio</i> (k) tiap sayatan.....	120
Tabel 5.18. Hasil Analisis Kestabilan Terowongan Tanpa Gempa	122
Tabel 5.19. Hasil Analisis Kestabilan Terowongan Dengan Gempa.....	123