

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR PERSAMAAN.....	xvi
INTISARI	xvii
ABSTRACT.....	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Lingkup Penelitian.....	4
1.5.1 Lingkup Daerah Penelitian	4
1.5.2 Lingkup Pekerjaan.....	5
1.6 Batasan Penelitian.....	5
1.7 Penelitian Terdahulu	6
1.8 Keaslian Penelitian	7
BAB 2 GEOLOGI REGIONAL	8
2.1 Geomorfologi.....	8
2.2 Stratigrafi Regional.....	8
2.3 Struktur Geologi	11
2.4 Potensi Bencana.....	12
2.4.1 Kegempaan	12
2.4.2 Kerentanan Gerakan Tanah	13
BAB 3 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	15
3.1 Tinjauan Pustaka.....	15
3.1.1 Geometri Terowongan dan Klasifikasi Massa Batuan	15
3.2 Penyelidikan Geologi Teknik	18

3.2.1	Pemetaan Geologi dan Geologi Teknik.....	18
3.2.2	Pengujian Sifat Indeks dan Keteknikan Tanah dan Batuan.....	23
3.2.3	Klasifikasi Tanah.....	26
3.2.4	Klasifikasi Batuan	32
3.3	Klasifikasi Kualitas Massa Batuan	34
3.3.1	<i>Geological Strength Index</i> (GSI).....	34
3.3.2	Rock Mass Rating (RMR) oleh Bieniawski (1989)	36
3.3.3	<i>Japan Society of Civil Engineers</i> (JSCE)	40
3.4	Metode Penggalian Terowongan	41
3.5	Sistem Penyangga Terowongan.....	45
3.6	Pemilihan Sistem Penyangga Terowongan	47
3.7	Hipotesis	57
BAB 4 METODE PENELITIAN		58
4.1	Alat dan Bahan Penelitian	58
4.2	Tahapan dan Alur Penelitian	58
4.2.1	Tahapan Pendahuluan.....	61
4.2.2	Pengumpulan Data.....	61
4.2.3	Pengujian di Laboratorium	65
4.2.4	Analisis Data	66
4.2.5	Evaluasi Hasil dan Pelaporan	68
BAB 5 PENYAJIAN DATA DAN HASIL ANALISIS		69
5.1	Karakteristik Geologi Teknik	69
5.1.1	Geomorfologi	69
5.1.2	Litologi	79
5.1.3	Analisis Kualitas Massa Batuan	87
5.1.4	Struktur Geologi	105
5.1.5	Air Tanah.....	108
5.2	Pembagian Zona Analisis	109
5.3	Analisis Metode Penggalian	111
5.2.1	Analisis Metode Penggalian dengan Metode RMR (Bieniawski, 1989)	111
5.2.2	Analisis Metode Penggalian dengan Metode JSCE	114
5.4	Analisis Kestabilan Sistem Penyangga.....	115
5.3.1	Analisis Sistem Penyangga Terowongan berdasarkan RMR (Bieniawski, 1989)	115
5.3.2	Analisis Sistem Penyangga Terowongan berdasarkan JSCE	117

BAB 6 PEMBAHASAN	119
6.1 Evaluasi Kondisi Geologi dan Geologi Teknik	119
6.2 Evaluasi Metode Penggalian Terowongan	121
6.3 Evaluasi Sistem Penyangga Terowongan	122
Bab 7 KESIMPULAN DAN SARAN	124
7.1 Kesimpulan	124
7.2 Saran	126
DAFTAR PUSTAKA	128
LAMPIRAN	131
1. Tabel klasifikasi tanah dan batuan berdasarkan metode JSCE	132
2. Data Primer Uji <i>Index Properties</i>	134
3. Data Primer Uji <i>Liquid Limit</i>	144
4. Data Primer Uji <i>Plastic Limit</i>	151
5. Data Primer Batas Atterberg	158
6. Uji <i>Uniaxial Compressive Strength (UCS)</i>	163
7. Uji Geser Langsung	167
8. Uji XRD	169
9. Uji Petrografi	171
10. Data Sekunder Soil Test Report (PT KCIC)	177
11. Data Sekunder Deskripsi Borlog	184
12. Dokumentasi Borlog	197
13. Hasil Penilaian Kualitas Massa Batuan Permukaan dengan Metode GSI	205
14. Hasil Penilaian Kualitas Massa Batuan Bawah Permukaan dengan Metode GSI	209
15. Hasil Penilaian Kualitas Massa Batuan Bawah Permukaan dengan Metode RMR	222

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Lokasi rencana Terowongan 10 di Kabupaten Bandung Barat (Bakosurtanal, 2003)	4
Gambar 2. 1	Bagian peta geologi regional Lembar Cianjur, Jawa (Sudjarmiko, 1972) dan peta geologi regional Lembar Bandung, Jawa (P.H. Silitonga, 1973).....	9
Gambar 2. 2	Kolom stratigrafi regional daerah penelitian Lembar Cianjur (Sudjarmiko, 1972).....	10
Gambar 2. 3	Struktur geologi berupa sesar yang terdapat di sekitar daerah penelitian (Bakosurtanal, 2003; Google Inc., 2021)	12
Gambar 2. 4	Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat (Kementerian ESDM, 2021)	14
Gambar 3. 1	Penampang melintang Terowongan 10	15
Gambar 3. 2	Bagan alir proses Pemetaan Geologi dan Geologi Teknik (Kurniawan dan Hadimuljono, 2020).....	19
Gambar 3. 3	Bagan alir untuk pengklasifikasian tanah butir halus (lolos ayakan No. 200 \geq 50%) (SNI 6371, 2015)	29
Gambar 3. 4	Bagan alir untuk pengklasifikasian tanah organik butir halus (lolos ayakan No. 200 \geq 50%) (SNI 6371, 2015).....	30
Gambar 3. 5	Bagan alir untuk pengklasifikasian tanah butir kasar (tertahan ayakan No. 200 $>$ 50%) (SNI 6371, 2015).....	31
Gambar 3. 6	Klasifikasi batuan piroklastik (Schmid, 1981).....	33
Gambar 3. 7	Klasifikasi batuan plutonik (Streckeisen, 1976)	33
Gambar 3. 8	Karakterisasi blok massa batuan berdasarkan kondisi interlocking dan joint (Marinos & Hoek, 2000).....	35
Gambar 3. 9	Prosedur perhitungan untuk metode RQD (Bieniawski, 1989)	37
Gambar 3. 10	Hubungan antara stand up - time dengan panjang atap terowongan (Bieniawski, 1989)	46
Gambar 3. 11	a) Penampang melintang tipikal pola perkuatan dan dinding terowongan, b) penampang memanjang tipikal pola perkuatan dan dinding (Kementerian PUPR, 2015)	50
Gambar 4. 1	Bagan alir penelitian	60
Gambar 4. 2	Peta lintasan dan titik pengambilan sampel di daerah penelitian.....	62
Gambar 5. 1	Peta pola pengaliran daerah penelitian.....	70
Gambar 5. 2	Peta kelurusan daerah penelitian	71
Gambar 5. 3	Diagram mawar hasil analisis kelurusan.....	71
Gambar 5. 4	Peta geomorfologi daerah penelitian.....	72
Gambar 5. 5	Kenampakan satuan aliran piroklastik lereng landai pada STA 045	73

Gambar 5. 6	Kenampakan satuan aliran piroklastik lereng agak curam yang terletak antara STA 001 dan 005	74
Gambar 5. 7	Peta topografi daerah penelitian.....	76
Gambar 5. 8	Peta kemiringan lereng daerah penelitian	78
Gambar 5. 9	Peta geologi daerah penelitian	80
Gambar 5. 10	Sayatan geologi Seksi A - B daerah penelitian	81
Gambar 5. 11	Sayatan geologi Seksi C - D daerah penelitian	82
Gambar 5. 12	Singkatan breksi tuf di STA 004 dengan panjang palu 40 cm	84
Gambar 5. 13	Kenampakan sayatan tipis batuan sampel breksi tuf.....	85
Gambar 5. 14	(a) Kenampakan singkapan breksi andesit di STA 054 dengan panjang palu 40 cm, dan (b) Fragmen andesit pada singkapan di STA 054	86
Gambar 5. 15	Kenampakan sayatan tipis batuan sampel breksi andesit.....	87
Gambar 5. 16	Singkatan batuan pada STA 047	89
Gambar 5. 17	Grafik perhitungan nilai GSI pada STA 047.....	90
Gambar 5. 18	<i>Plotting</i> nilai GSI massa batuan permukaan	91
Gambar 5. 19	Kenampakan massa batuan di lokasi penelitian berdasarkan klasifikasi GSI.....	92
Gambar 5. 20	Peta geologi teknik kualitas massa batuan di daerah penelitian berdasarkan nilai GSI.....	93
Gambar 5. 21	Kenampakan sampel borehole log pada jalur terowongan	97
Gambar 5. 22	(a) Muka galian terowongan pada STA 086, (b) Tampak dekat galian terowongan pada STA 086.....	98
Gambar 5. 23	Fragmen batuan yang diambil pada muka galian terowongan STA 086	98
Gambar 5. 24	Sayatan geologi teknik kualitas massa batuan bawah permukaan berdasarkan nilai GSI.....	100
Gambar 5. 25	Sayatan geologi teknik kualitas massa batuan bawah permukaan berdasarkan nilai RMR (Bieniawski, 1989).....	102
Gambar 5. 26	Grafik korelasi nilai GSI dan RMR menggunakan regresi linear	105
Gambar 5. 27	Diagram mawar hasil analisis strike dan dip kekar di daerah penelitian	107
Gambar 5. 28	Sesar geser diperkirakan di STA 006.....	108
Gambar 5. 29	Pembagian zona analisis sepanjang jalur terowongan	110
Gambar 5. 30	Analisis stand-up time pada massa batuan bawah permukaan.....	112
Gambar 5. 31	Rekomendasi metode penggalian berdasarkan RMR untuk massa batuan buruk.....	113
Gambar 5. 32	Rekomendasi metode penggalian berdasarkan RMR untuk massa batuan sangat buruk.....	114

Gambar 5. 33	Metode penggalian berdasarkan rekomendasi JSCE	115
Gambar 5. 34	Skema sistem penyangga berdasarkan rekomendasi RMR (Bieniawski, 1989) untuk massa batuan buruk	116
Gambar 5. 35	Skema sistem penyangga berdasarkan rekomendasi RMR (Bieniawski, 1989) untuk massa batuan sangat buruk	117
Gambar 5. 36	Skema sistem peyangga terowongan berdasarkan JSCE	118

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1	Penelitian Terdahulu.....	6
Tabel 3. 1	Klasifikasi massa batuan, sistem penyangga, dan metode penggalian terowongan eksisting	17
Tabel 3. 2	Perbedaan antara Pemetaan Geologi dan Geologi Teknik (Kurniawan dan Hadimuljono, 2020)	19
Tabel 3. 3	Klasifikasi kemiringan lereng (van Zuidam, 1983).....	21
Tabel 3. 4	Tingkat pelapukan batuan (ISRM, 1978)	21
Tabel 3. 5	Estimasi nilai <i>Uniaxial Compressive Strength</i> di lapangan untuk batuan utuh (Marinos & Hoek, 2000)	22
Tabel 3. 6	Klasifikasi Tanah (SNI 6371, 2015).....	27
Tabel 3. 7	Klasifikasi batuan piroklastik berdasarkan klasifikasi Schmid (1981)	32
Tabel 3. 8	Kualitas massa batuan berdasarkan metode GSI (Sivakugan et al., 2013).....	36
Tabel 3. 9	Kualitas massa batuan berdasarkan RQD (Bieniawski, 1989).....	37
Tabel 3. 10	Sistem klasifikasi massa batuan metode Rock Mass Rating (RMR) (Bieniawski, 1989).....	38
Tabel 3. 11	Klasifikasi dan karakteristik metode penggalian (JSCE, 2018)	42
Tabel 3. 12	Metode penggalian terowongan berdasarkan metode RMR (Bieniawski, 1989).....	45
Tabel 3. 13	Sistem penyangga terowongan (JSCE, 2018).....	45
Tabel 3. 14	Rekomendasi sistem penyangga terowongan berdasarkan metode RMR (Bieniawski, 1989).....	47
Tabel 3. 15	Kriteria pemilihan jenis perkuatan (Kementerian PUPR, 2015)	48
Tabel 3. 16	Skema tipikal pola perkuatan dan dinding serta deformasi izin (Kementerian PUPR, 2015).....	49
Tabel 3. 17	Tipikal metode tambahan dan kegunaannya (Kementerian PUPR, 2015).....	51
Tabel 3. 18	Ilustrasi metode tambahan dan penjelasannya (Kementerian PUPR, 2015).....	52
Tabel 4. 1	Pengujian laboratorium	66
Tabel 4. 2	Inventarisasi data penelitian	67
Tabel 5. 1	Kolom Geomorfologi daerah penelitian	74
Tabel 5. 2	Deskripsi satuan geologi teknik tingkat kualitas massa batuan berdasarkan nilai GSI	92
Tabel 5. 3	Perhitungan faktor kompetensi massa batuan	94
Tabel 5. 4	Deskripsi sifat teknik dan sifat fisik sampel batuan permukaan (fragmen batuan).....	95

Tabel 5. 5	Hasil pengujian <i>index properties</i> sampel batuan permukaan (fragmen batuan).....	95
Tabel 5. 6	Hasil uji kuat geser langsung dan kuat tekan uniaksial sampel batuan permukaan (fragmen batuan).....	95
Tabel 5. 7	Deskripsi sifat teknik dan sifat fisik sampel tanah (matriks batuan) permukaan	96
Tabel 5. 8	Hasil pengujian <i>index properties</i> dan <i>Atterberg limit</i> sampel tanah (matriks batuan) permukaan	96
Tabel 5. 9	Hasil uji kuat geser langsung dan kuat tekan uniaksial sampel tanah (matriks batuan) permukaan	96
Tabel 5. 10	Hasil penilaian kualitas massa batuan bawah permukaan dengan metode GSI.....	99
Tabel 5. 11	Hasil penilaian kualitas massa batuan bawah permukaan dengan metode RMR	101
Tabel 5. 12	Deskripsi sifat teknik dan sifat fisik sampel tanah (matriks batuan) satuan batuan bawah permukaan	104
Tabel 5. 13	Hasil pengujian <i>index properties</i> dan <i>Atterberg limit</i> sampel tanah (matriks batuan) bawah permukaan.....	104
Tabel 5. 14	Hasil pengukuran kekar di daerah penelitian	106
Tabel 5. 15	Data elevasi muka air tanah berdasarkan titik bor.....	109
Tabel 5. 16	Pembagian zona analisis berdasarkan tinggi beban overburden	111
Tabel 5. 17	Zona analisis metode penggalian pada terowongan	111
Tabel 5. 18	Metode penggalian berdasarkan nilai RMR (Bieniawski, 1989)	113
Tabel 5. 19	Metode penggalian berdasarkan pedoman JSCE.....	114
Tabel 5. 20	Metode penggalian berdasarkan nilai RMR (Bieniawski, 1989)	115
Tabel 5. 21	Rekomendasi sistem penyangga berdasarkan JSCE.....	117

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan (3. 1) Porositas.....	24
Persamaan (3. 2) Angka pori.....	24
Persamaan (3. 3) Kadar air.....	24
Persamaan (3. 4) Berat jenis.....	25
Persamaan (3. 5) Analisis saringan.....	25
Persamaan (3. 6) Persamaan korelasi Pearson.....	34
Persamaan (3. 7) Kondisi diskontinuitas (Jcond)	36
Persamaan (3. 8) Faktor kompetensi.....	40
Persamaan (3. 9) Kuat tekan bebas batuan dengan rekahan.....	40