

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>4</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>6</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>9</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>12</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>14</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>15</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>16</b>
1.1. Latar Belakang .....	16
1.2. Rumusan Masalah .....	17
1.3. Tujuan Penelitian .....	17
1.4. Lingkup Penelitian .....	17
1.4.1. Lokasi Penelitian .....	17
1.4.2. Lingkup Penelitian .....	18
1.5. Manfaat Penelitian .....	19
1.6. Batasan Masalah .....	19
1.7. Penelitian Terdahulu .....	19
1.8. Keaslian Penelitian .....	21
<b>BAB 2 GEOLOGI REGIONAL .....</b>	<b>22</b>
2.1. Fisiografi Regional .....	22
2.2. Stratigrafi Regional .....	23
2.3. Struktur Geologi Regional .....	25
2.4. Perencanaan Terowongan Irigasi Bintang Bano .....	25
<b>BAB 3 DASAR TEORI .....</b>	<b>29</b>
3.1. Pemetaan Geologi Teknik dan Penyelidikan Geologi Teknik .....	29
3.1.1. Geomorfologi .....	29
3.1.2. Batuan .....	30
3.1.3. Struktur Geologi .....	33
3.1.4. Hidrogeologi .....	33
3.2. Pengujian Sifat Indeks dan Keteknikan Tanah dan Batuan di Laboratorium .....	33
3.2.1. Sifat Indeks Tanah dan Batuan .....	33
3.2.2. Sifat Keteknikan Tanah dan Batuan .....	35

3.2.3.	Uji Petrografi .....	36
3.3.	Klasifikasi Massa Batuan .....	37
3.3.1.	Rock Mass Rating (RMR) .....	37
3.3.2.	Geological Strength Index (GSI) .....	40
3.3.3.	Hubungan RMR dan GSI .....	44
3.3.4.	Japan Society of Civil Engineer (JSCE) .....	44
3.4.	Terowongan .....	47
3.4.1.	Definisi Terowongan .....	47
3.4.2.	Metode Penggalian Terowongan .....	47
3.4.3.	Sistem Penyangga Terowongan .....	53
3.5.	Hipotesis .....	54
BAB 4 METODOLOGI PENELITIAN .....		55
4.1.	Alat dan Bahan .....	55
4.2.	Tahap Penelitian .....	55
4.2.1.	Tahap Persiapan .....	57
4.2.2.	Tahap Pengumpulan Data .....	57
4.2.3.	Tahap Uji dan Analisis serta Evaluasi data .....	60
4.2.4.	Tahap Evaluasi Hasil .....	64
4.2.5.	Tahap Pelaporan .....	64
BAB 5 PENYAJIAN DATA DAN HASIL ANALISIS .....		65
5.1.	Karakteristik Geologi dan Geologi Teknik .....	65
5.1.1.	Geomorfologi .....	65
5.1.2.	Litologi .....	70
5.1.3.	Struktur Geologi .....	73
5.1.4.	Kondisi Air Tanah .....	77
5.1.5.	Stratigrafi pada trase terowongan .....	78
5.1.6.	Karakteristik Geologi Teknik .....	78
5.1.7.	Sifat Fisik dan Mekanik Batuan dan Tanah .....	81
5.2.	Kualitas Massa Batuan .....	83
5.3.	Analisis Empiris Metode Penggalian .....	94
5.4.	Analisis Empiris Sistem Penyangga Terowongan .....	97
BAB 6 PEMBAHASAN .....		99
6.1.	Evaluasi Karakteristik Geologi dan Geologi Teknik Lokasi Penelitian .....	99
6.2.	Evaluasi Metode Penggalian Terowongan .....	101

<b>6.3. Evaluasi Sistem Penyangga Terowongan .....</b>	<b>102</b>
<b>BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>104</b>
<b>7.1. Kesimpulan .....</b>	<b>104</b>
<b>7.2. Saran.....</b>	<b>105</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>106</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Lokasi penelitian terowongan-1 proyek irigasi bintang bano (sumber peta: Google Earth, 2022).....	18
Gambar 2.	Pulau sumbawa lokasi daerah penelitian (Hall, 2002) .....	22
Gambar 3.	Sketsa perspektif sumbawa barat (Van Bemmelen, 1949).....	23
Gambar 4.	Potongan peta geologi regional sumbawa barat (Sudrajat et al., 1998)	24
Gambar 5.	Kolom stratigrafi regional lembar sumbawa barat (Sudrajat et al., 1998).....	24
Gambar 6.	Layout inlet terowongan irigasi Bintang Bano (sumber : BWS Nusa Tenggara 1, Kementerian PUPR) .....	26
Gambar 7.	Layout outlet terowongan irigasi Bintang Bano (sumber : BWS Nusa Tenggara 1, Kementerian PUPR) .....	26
Gambar 8.	Bentuk penampang melintang terowongan irigasi Bintang Bano .....	27
Gambar 9.	Profil geologi memanjang terowongan irigasi Bintang Bano (PT. Geoace Engineering Services Design Consultant, 2017).....	27
Gambar 10.	Profil RMR memanjang terowongan irigasi Bintang Bano (PT. Geoace Engineering Services Design Consultant, 2017).....	28
Gambar 11.	Satuan Batuan Andesit (Plummer et al., (2016). .....	32
Gambar 12.	Satuan Batuan Tuff (Plummer et al., (2016). .....	32
Gambar 13.	Klasifikasi Petrokimia Batuan Beku Plutonik (kiri) dan Vulkanik (kanan) (Streckeisen, 1976).....	37
Gambar 14.	Diagram Dasar GSI untuk karakterisasi geologi visual dari massa batuan (Marinos & Hoek, 2000).....	41
Gambar 15.	Diagram GSI bawah permukaan berdasarkan Joint Condition dan RQD (Hoek et al, 2013).....	43
Gambar 16.	Diagram alir penggunaan metode pada JSCE (JSCE, 2007).....	45
Gambar 17.	Diagram alir pemilihan metode penggalan pada massa batuan dengan pendekatan metode GSI (Tsiambos & Saroglou, 2010) .....	50
Gambar 18.	Metode penggalan menggunakan pendekatan dari nilai GSI (Tsiambos dan Saroglou, 2010); (a) digunakan untuk nilai $I_{s50} < 3.00$ MPa dan (b) digunakan untuk $I_{s50} > 3.00$ MPa.....	51
Gambar 19.	Grafik penilaian eksplorabilitas pada batuan (after Pettiifer & Fookes 1994 dalam: Harber et al., 2011) .....	52

Gambar 20. Diagram Alir Penelitian.....	56
Gambar 21. Kenampakan geomorfologi daerah penelitian (sumber gambar : Google Earth, 2022) .....	65
Gambar 22. Peta geomorfologi daerah penelitian .....	66
Gambar 23. Peta kelurusan morfologi lembahan lokasi penelitian dan sekitarnya..	68
Gambar 24. Hasil analisis kelurusan pada morfologi lembahan dengan diagram mawar .....	69
Gambar 25. Peta pola pengaliran daerah penelitian .....	70
Gambar 26. Peta Lintasan Pengamatan Daerah Penelitian.....	71
Gambar 27. Singkapan satuan batuan andesit pada STA-18.....	72
Gambar 28. Uji petrografi sampel andesit STA 12. dengan : (a) kedudukan lensa nikol bersilang (with cross-nicols), (b) kedudukan lensa nikol sejajar (with parallel-nicols).....	73
Gambar 29. Kenampakan kekar pada batuan andesit pada STA 18.....	73
Gambar 30. Batuan yang hancur pada bor inti TR1-9 .....	74
Gambar 31. Hasil analisis kekar menggunakan diagram mawar .....	75
Gambar 32. Peta Geologi Daerah Penelitian .....	76
Gambar 33. Profil Penampang Geologi A-A' .....	76
Gambar 34. Profil muka air tanah di sepanjang trase terowongan.....	77
Gambar 35. Profil geologi pada trase terowongan .....	78
Gambar 36. Profil geologi teknik berdasarkan tingkat pelapukan batuan bawah permukaan .....	81
Gambar 37. Kualitas massa batuan sepanjang terowongan berdasarkan analisis RMR .....	85
Gambar 38. Kualitas massa batuan sepanjang terowongan berdasarkan analisis GSI.....	87
Gambar 39. Penampakan andesit dengan Nilai GSI < 20 (TR1-2 kedalaman 0-5 meter).....	88
Gambar 40. Penampakan andesit dengan nilai GSI 21-40 (TR1-9 kedalaman 91-95 meter).....	88
Gambar 41. Penampakan andesit dengan nilai GSI 41-55 (TR1-5 kedalaman 21-25 meter).....	89
Gambar 42. Penampakan andesit dengan nilai GSI 56-75 (TR1-10 kedalaman 91-95 meter).....	89

Gambar 43. Penampakan andesit dengan nilai GSI 76-95 (TR1-10 kedalaman 121-125 meter) .....	90
Gambar 44. Analisis Hubungan GSI dan RMR .....	93
Gambar 45. Penilaian tipe penggalian menggunakan grafik GSI Tsiambos & Saraglou (2010) ( $Is_{50} < 3,0$ MPa) .....	95
Gambar 46. Evaluasi karakteristik kondisi geologi dan geologi teknik lokasi terowongan .....	101

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Penelitian terdahulu pada rencana lokasi penelitian.....	20
Tabel 2.	Klasifikasi kemiringan lereng (Van Zuidam, 1983).....	30
Tabel 3.	Tingkat Pelapukan Batuan (ISRM, 1981) .....	31
Tabel 4.	Estimasi nilai Uniaxial Compressive Strength (UCS) lapangan (Hoek & Brown, 1997).....	38
Tabel 5.	Klasifikasi Kualitas Massa Batuan RQD (Deere et al., 1968) .....	39
Tabel 6.	Penilaian Rock Mass Rating (RMR) menurut Bieniawski (1989) .....	40
Tabel 7.	Penentuan Kondisi Kekar (Jcond) Dengan Terdapat Material Pengisi (Bieniawski, 1989) .....	42
Tabel 8.	Penentuan Kondisi Kekar (Jcond) Dengan Terdapat Material Pengisi (Bieniawski, 1989) .....	42
Tabel 9.	Kualitas Massa Batuan (GSI) berdasarkan (Sivakugan et al., 2013) berdasarkan.....	43
Tabel 10.	Tabel panduan penentuan kelas dan jenis material (JSCE, 2007).....	46
Tabel 11.	Metode penggalan terowongan berdasarkan klasifikasi RMR (Bieniawski, 1989) .....	48
Tabel 12.	Metode penggalan NATM yang diadopsi oleh JSCE (JSCE, 2007)...	49
Tabel 13.	Model empiris sistem penyangga klasifikasi RMR (Bieniawski, 1989).....	53
Tabel 14.	Kolom Geomorfologi .....	66
Tabel 15.	Arah dominan kekar pada lokasi penelitian .....	74
Tabel 16.	Kedalaman muka air tanah dari permukaan .....	77
Tabel 17.	Resume hasil pengujian sifat indeks dan mekanik batuan .....	82
Tabel 18.	Kualitas massa batuan dengan RMR.....	84
Tabel 19.	Hasil rentang nilai GSI pada lokasi 10 titik bor inti.....	86
Tabel 20.	Kualitas Massa Batuan dengan Metode JSCE.....	90
Tabel 21.	Kualitas Massa Batuan pada Elevasi Terowongan.....	93
Tabel 22.	Metode penggalan massa batuan (metode GSI dan point load strength (Is50)).....	95
Tabel 23.	Hasil Analisis Metode Penggalan Berdasarkan RMR (Bieniawski, 1989).....	96

Tabel 24.	Rekomendasi sistem penyangga terowongan berdasarkan metode RMR (Bieniawski, 1989).....	97
Tabel 25.	Hasil analisis sistem penyangga terowongan .....	98
Tabel 26.	Rekomendasi metode penggalian jalur terowongan .....	102
Tabel 27.	Rekomendasi sistem penyangga terowongan dengan metode RMR dan JSCE .....	103