

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>SARI .....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
I.1. Latar Belakang .....	1
I.2. Rumusan Masalah .....	2
I.3. Tujuan Penelitian .....	3
I.4. Manfaat Penelitian .....	3
I.5. Lingkup Penelitian .....	3
I.5.1. Lingkup Lokasi Penelitian .....	3
I.5.2. Lingkup Pekerjaan .....	4
I.6. Batasan Penelitian .....	5
I.7. Penelitian Terdahulu .....	6
I.8. Keaslian Penelitian .....	7
<b>BAB II STUDI PUSTAKA .....</b>	<b>8</b>
II.1. Fisiografi dan Geomorfologi .....	8
II.2. Stratigrafi .....	9
II.3. Struktur Geologi .....	10
II.4. Kerentanan Gerakan Tanah .....	10
II.5. Kegempaan .....	11
II.6. Studi Pustaka Penelitian Terdahulu .....	13
<b>BAB III DASAR TEORI DAN HIPOTESIS .....</b>	<b>15</b>
III.1. Penyelidikan Geologi Teknik .....	15
III.1.1. Pemetaan Geologi Teknik .....	15
III.1.2. Pengujian Laboratorium .....	18
III.2. Pelapukan Batuan .....	23
III.3. Klasifikasi Batugamping .....	25
III.4. Klasifikasi Kualitas Massa Batuan .....	27
III.4.1. <i>Rock Mass Rating</i> (RMR) .....	27
III.4.2. <i>Geological Strength Index</i> (GSI) .....	31
III.4.3. Hubungan GSI dan RMR .....	35
III.5. Kestabilan Lereng .....	35
III.5.1. Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng .....	35
III.5.2. Pengaruh Kondisi Air Tanah terhadap Kestabilan Lereng .....	36
III.5.3. Pengaruh Gempa terhadap Kestabilan Lereng .....	36
III.5.4. Keruntuhan Lereng .....	38

III.6.	Analisis Kestabilan Lereng .....	39
III.6.1.	Metode Keseimbangan Batas .....	39
III.6.2.	Metode Elemen Hingga .....	43
III.7.	Perangkat Lunak .....	45
III.7.1.	<i>Rocscience Slide 6.0</i> .....	45
III.7.2.	<i>Phase2 8.0</i> .....	46
III.8.	Hipotesis .....	48
<b>BAB IV</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>50</b>
IV.1.	Alat dan Bahan Penelitian .....	50
IV.2.	Tahapan Penelitian .....	50
IV.2.1.	Pekerjaan Pendahuluan .....	50
IV.2.2.	Pengumpulan Data .....	51
IV.2.3.	Pengujian Laboratorium .....	53
IV.2.4.	Analisis Data .....	54
IV.2.5.	Evaluasi Hasil .....	56
IV.2.6.	Pelaporan .....	56
<b>BAB V</b>	<b>PENYAJIAN DATA DAN HASIL ANALISIS .....</b>	<b>58</b>
V.1.	Karakteristik Geologi Teknik .....	58
V.1.1.	Geomorfologi .....	58
V.1.2.	Litologi .....	62
V.1.3.	Struktur Geologi .....	68
V.1.4.	Air Tanah .....	71
V.1.5.	Kegempaan .....	71
V.1.6.	Karakteristik Geologi Teknik Batuan .....	72
V.1.7.	Kualitas Massa Batuan .....	76
V.2.	Analisis Kestabilan Lereng .....	98
V.2.1.	Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Keseimbangan Batas .....	101
V.2.2.	Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Elemen Hingga...	110
<b>BAB VI</b>	<b>PEMBAHASAN .....</b>	<b>120</b>
VI.1.	Evaluasi Kondisi Geologi dan Geologi Teknik .....	120
VI.2.	Evaluasi Kestabilan Lereng .....	121
VI.2.1.	Faktor Keamanan .....	124
VI.2.2.	Pola Keruntuhan Kritis .....	127
VI.2.3.	<i>Total Displacement</i> .....	128
<b>BAB VII</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>131</b>
VII.1.	Kesimpulan .....	131
VII.2.	Saran .....	132
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>133</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>136</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi penelitian (modifikasi Peta Rupa Bumi Indonesia, batas administrasi Kabupaten Gunungkidul, DIY, 2019. Sumber: <a href="https://www.indonesia-geospasial.com">https://www.indonesia-geospasial.com</a> ) .....	4
Gambar 2.1	Fisiografi lokasi penelitian (modifikasi Van Bemmelen, 1949).....	8
Gambar 2.2	Lokasi penelitian pada sebagian peta geologi regional lembar Surakarta–Giritontro (modifikasi Surono dkk., 1992) .....	9
Gambar 2.3	Peta zona kerentanan gerakan tanah lokasi penelitian (modifikasi PVMGB, 2009).....	11
Gambar 2.4	Peta kawasan rawan bencana gempabumi lokasi penelitian (modifikasi Robiana & Indra, 2009) .....	12
Gambar 2.5	Peta percepatan puncak lokasi penelitian (modifikasi PUSGEN, 2017)	13
Gambar 3.1	Bentuk pecahan kerucut dan distribusi tegangan di dalam contoh batuan pada uji kuat tekan (Rai dkk., 2014) .....	20
Gambar 3.2	Kurva tegangan-regangan yang menggambarkan kuat tekan uniaksial, modulus <i>Young</i> , dan <i>poisson's ratio</i> (Vallejo & Ferrer, 2011).....	21
Gambar 3.3	Hubungan kekuatan dan deformabilitas batuan (Deere & Miller, 1996; Bell, 1993 dalam Rai dkk., 2014) .....	22
Gambar 3.4	(a) Nilai <i>poisson's ratio</i> untuk beberapa jenis batuan, (b) nilai <i>poisson's ratio</i> untuk beberapa jenis tanah (Gercek, 2007 dalam Rai dkk., 2014)	23
Gambar 3.5	Tipikal pelapukan pada batuan karbonat (Deere & Patton, 1971 dalam Wyllie, 2017) .....	25
Gambar 3.6	Klasifikasi batuan karbonat (Dunham, 1962) .....	26
Gambar 3.7	Modifikasi klasifikasi batuan karbonat Dunham (Embry & Klován, 1971) .....	26
Gambar 3.8	Skema properti geometrik diskontinuitas batuan (Hudson, 1989 dalam Vallejo & Ferrer, 2011) .....	29
Gambar 3.9	Penilaian GSI berdasarkan parameter struktur <i>rating</i> dan kondisi permukaan untuk massa batuan batugamping (Marinos, 2010) .....	32
Gambar 3.10	Gaya-gaya yang bekerja pada bidang irisan untuk metode <i>Janbu's simplified</i> .....	41
Gambar 3.11	Gaya-gaya yang bekerja pada bidang irisan untuk metode <i>Spencer</i> .....	42
Gambar 3.12	<i>Variable control</i> untuk permukaan bidang gelincir (Cheng dkk., 2007)	43
Gambar 3.13	Istilah yang digunakan dalam metode elemen hingga (Abramson dkk., 2002) .....	44
Gambar 4.1	Diagram alir penelitian .....	57
Gambar 5.1	Kondisi morfologi lokasi penelitian .....	59
Gambar 5.2	Peta kelurusan morfologi lokasi penelitian (sumber peta DEMNAS, Badan Informasi Geospasial) .....	59
Gambar 5.3	Diagram rose kelurusan morfologi lokasi penelitian .....	60
Gambar 5.4	Peta geomorfologi lokasi penelitian.....	60
Gambar 5.5	Peta lintasan lokasi penelitian .....	63



Gambar 5.6	Peta geologi lokasi penelitian .....	64
Gambar 5.7	Sayatan geologi lokasi penelitian AB .....	65
Gambar 5.8	Satuan <i>floatstone</i> ; (a) dan (b) Singkapan batuan STA 06; (c) kenampakan sayatan tipis uji petrografi .....	67
Gambar 5.9	Satuan <i>rudstone</i> ; (a) dan (b) Singkapan batuan STA 47; (c) kenampakan sayatan tipis uji petrografi .....	67
Gambar 5.10	Satuan <i>bindstone</i> ; (a) dan (b) Singkapan batuan STA 40 LP-2; (c) kenampakan sayatan tipis uji petrografi .....	68
Gambar 5.11	Kenampakan kekar STA 16 LP-2 (kamera menghadap barat) .....	69
Gambar 5.12	Kenampakan kekar STA 37 LP-1 (kamera menghadap timur) .....	69
Gambar 5.13	Diagram <i>rose</i> orientasi kekar .....	69
Gambar 5.14	Kenampakan sesar turun (diperkirakan) pada STA 16 .....	70
Gambar 5.15	Kenampakan sesar turun (diperkirakan) pada STA 40 .....	71
Gambar 5.16	Kenampakan massa batuan kualitas sangat buruk (tipe H- <i>poor</i> ) pada litologi <i>floatstone</i> (STA 12 dan STA 13, kamera menghadap timur laut) .....	77
Gambar 5.17	Kenampakan massa batuan kualitas sangat buruk (tipe H- <i>poor</i> ) pada litologi <i>bindstone</i> (STA 2 dan STA 3, kamera menghadap timur laut) .....	77
Gambar 5.18	Kenampakan massa batuan kualitas buruk (tipe G- <i>fair</i> ) pada litologi <i>floatstone</i> (STA 12 dan STA 13, kamera menghadap timur laut) .....	78
Gambar 5.19	Kenampakan massa batuan kualitas buruk (tipe D- <i>poor</i> ) pada litologi <i>bindstone</i> (STA 39 LP 2, kamera menghadap barat daya) .....	79
Gambar 5.20	Kenampakan massa batuan kualitas sedang (tipe D- <i>good</i> ) pada litologi <i>floatstone</i> (STA 6, kamera menghadap timur laut) .....	80
Gambar 5.21	Kenampakan massa batuan kualitas sedang (tipe D- <i>fair</i> ) pada litologi <i>rudstone</i> (STA 50 LP2, kamera menghadap timur) .....	80
Gambar 5.22	Kenampakan massa batuan kualitas sedang (tipe A- <i>fair</i> ) pada litologi <i>bindstone</i> (STA 37 LP1, kamera menghadap timur laut) .....	81
Gambar 5.23	Kenampakan massa batuan kualitas baik pada litologi <i>rudstone</i> (STA 31, kamera menghadap timur) .....	82
Gambar 5.24	Peta kualitas massa batuan permukaan (GSI) STA 7+000 sampai dengan STA 7+300 .....	83
Gambar 5.25	Peta kualitas massa batuan permukaan (GSI) STA 7+300 sampai dengan STA 7+600 .....	84
Gambar 5.26	Peta kualitas massa batuan permukaan (GSI) STA 7+600 sampai dengan STA 7+950 .....	85
Gambar 5.27	Peta kualitas massa batuan permukaan (GSI) STA 7+950 sampai dengan STA 8+200 .....	86
Gambar 5.28	Peta kualitas massa batuan permukaan (GSI) STA 8+200 sampai dengan STA 8+500 .....	87
Gambar 5.29	Peta kualitas massa batuan permukaan (GSI) STA 8+500 sampai dengan STA 8+750 .....	88
Gambar 5.30	Peta kualitas massa batuan permukaan (GSI) STA 8+750 sampai dengan STA 9+000 .....	89



Gambar 5.31	Peta kualitas massa batuan permukaan (GSI) STA 9+000 sampai dengan STA 9+250 .....	90
Gambar 5.32	Peta kualitas massa batuan permukaan (GSI) STA 9+250 sampai dengan STA 9+550 .....	91
Gambar 5.33	Peta kualitas massa batuan permukaan (GSI) STA 9+250 sampai dengan STA 9+550 .....	92
Gambar 5.34	Grafik kondisi kekar dan RQD BH-04 dengan frekuensi terbanyak .....	96
Gambar 5.35	Grafik kondisi kekar dan RQD BH-05A dengan frekuensi terbanyak ...	97
Gambar 5.36	Grafik kondisi kekar dan RQD BH-05B dengan frekuensi terbanyak ...	97
Gambar 5.37	Grafik korelasi GSI dan RMR .....	98
Gambar 5.38	Pemodelan MKB lereng STA 7+250 .....	101
Gambar 5.39	Pemodelan MKB lereng STA 7+475 .....	101
Gambar 5.40	Pemodelan MKB lereng STA 7+825 .....	102
Gambar 5.41	Pemodelan MKB lereng STA 9+100 .....	102
Gambar 5.42	Pemodelan MKB lereng STA 8+475 sisi kiri .....	103
Gambar 5.43	Pemodelan MKB lereng STA 8+475 sisi kanan .....	103
Gambar 5.44	Hasil analisis kestabilan lereng STA 7+250 dengan metode <i>Janbu's Simplified</i> dan <i>Spencer</i> .....	104
Gambar 5.45	Hasil analisis kestabilan lereng STA 7+475 dengan metode <i>Janbu's Simplified</i> dan <i>Spencer</i> .....	105
Gambar 5.46	Hasil analisis kestabilan lereng STA 7+825 dengan metode <i>Janbu's Simplified</i> dan <i>Spencer</i> .....	106
Gambar 5.47	Hasil analisis kestabilan lereng STA 9+100 dengan metode <i>Janbu's Simplified</i> dan <i>Spencer</i> .....	107
Gambar 5.48	Hasil analisis kestabilan lereng STA 8+475 sisi kiri dengan metode <i>Janbu's Simplified</i> dan <i>Spencer</i> .....	108
Gambar 5.49	Hasil analisis kestabilan lereng STA 8+475 sisi kanan dengan metode <i>Janbu's Simplified</i> dan <i>Spencer</i> .....	109
Gambar 5.50	Pemodelan MEH lereng pada STA 7+250 .....	111
Gambar 5.51	Pemodelan MEH lereng pada STA 7+475 .....	111
Gambar 5.52	Pemodelan MEH lereng pada STA 7+825 .....	112
Gambar 5.53	Pemodelan MEH lereng pada STA 9+100 .....	112
Gambar 5.54	Pemodelan MEH lereng pada STA 8+475 sisi kiri .....	113
Gambar 5.55	Pemodelan MEH lereng pada STA 8+475 sisi kanan .....	113
Gambar 5.56	Hasil analisis kestabilan lereng dengan MEH pada STA 7+250 dan 7+475 .....	114
Gambar 5.57	Hasil analisis kestabilan lereng dengan MEH pada STA 7+825 dan 9+100 .....	115
Gambar 5.58	Hasil analisis kestabilan lereng dengan MEH pada STA 8+475 sisi kiri dan sisi kanan .....	116
Gambar 5.59	Grafik hubungan <i>maximum total displacement</i> dan <i>strength reduction factor</i> pada lereng STA 7+250 .....	117
Gambar 5.60	Grafik hubungan <i>maximum total displacement</i> dan <i>strength reduction factor</i> pada lereng STA 7+475 .....	118



Gambar 5.61	Grafik hubungan <i>maximum total displacement</i> dan <i>strength reduction factor</i> pada lereng STA 7+825 .....	118
Gambar 5.62	Grafik hubungan <i>maximum total displacement</i> dan <i>strength reduction factor</i> pada lereng STA 9+100 .....	118
Gambar 5.63	Grafik hubungan <i>maximum total displacement</i> dan <i>strength reduction factor</i> pada lereng STA 8+475 sisi kiri .....	119
Gambar 5.64	Grafik hubungan <i>maximum total displacement</i> dan <i>strength reduction factor</i> pada lereng STA 8+475 sisi kanan .....	119
Gambar 6.1	Nilai faktor keamanan lereng tanpa beban gempa (MEH dan MKB) ....	124
Gambar 6.2	Nilai faktor keamanan lereng dengan beban gempa (MEH dan MKB)..	124

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Penelitian terdahulu .....	6
Tabel 3.1	Ukuran panjang lereng (Van Zuidam, 1985) .....	16
Tabel 3.2	Ukuran kemiringan lereng (Van Zuidam, 1985).....	17
Tabel 3.3	Hubungan klasifikasi, kelas lereng, dan beda tinggi dengan proses, karakteristik dan kondisi lahan serta simbol warna yang disarankan (Van Zuidam, 1985) .....	17
Tabel 3.4	Kategori <i>poisson's ratio</i> ( $\nu$ ) (Gercek, 2007 dalam Rai dkk., 2014) .....	23
Tabel 3.5	Klasifikasi pelapukan batuan (ISRM, 1978) .....	24
Tabel 3.6	Perkiraan kekuatan batuan berdasarkan pengamatan batuan secara langsung di lapangan (ISRM, 1978) .....	28
Tabel 3.7	Penilaian masing-masing parameter RMR (Bieniawski, 1989) .....	30
Tabel 3.8	Kualitas RMR massa batuan. (Bieniawski, 1989) .....	31
Tabel 3.9	Penentuan kondisi kekar ( <i>joint condition</i> ) jika terdapat <i>infilling</i> (Bieniawski, 1989) .....	32
Tabel 3.10	Penentuan kondisi kekar ( <i>joint condition</i> ) tanpa <i>infilling</i> (Bieniawski, 1989) .....	33
Tabel 3.11	Kualitas GSI massa batuan (Sivakugan dkk., 2013) .....	33
Tabel 3.12	Parameter nilai <i>mi</i> untuk batuan sedimen (Marinos & Hoek, 2000 dalam Vallejo & Ferrer, 2011) .....	34
Tabel 3.13	Nilai parameter <i>disturbance factor</i> (Hoek dkk., 2002) .....	34
Tabel 3.14	Faktor amplifikasi untuk PGA dan periode 0,2 detik ( <i>FPGA</i> dan <i>Fa</i> ) (AASHTO, 2012 dalam SNI 8460:2017) .....	38
Tabel 3.15	Ringkasan metode kesetimbangan batas (Abramson dkk., 2002, Nash 1987 dalam Aryal, 2006).....	40
Tabel 5.1	Kolom geomorfologi lokasi penelitian .....	61
Tabel 5.2	Hasil pengukuran nilai kekar di lapangan .....	70
Tabel 5.3	Kenampakan tanda muka air tanah pada bor inti .....	71
Tabel 5.4	Nilai koefisien gempa lokasi penelitian .....	72
Tabel 5.5	Hasil pengujian sifat indeks dan mekanika batuan pada lokasi penelitian .....	75
Tabel 5.6	Kualitas massa batuan bor inti BH-04.....	93
Tabel 5.7	Kualitas massa batuan bor inti BH-05A.....	94
Tabel 5.8	Kualitas massa batuan bor inti BH-05B .....	95
Tabel 5.9	Lokasi pemodelan lereng .....	98
Tabel 5.10	Parameter untuk analisis kestabilan lereng dengan metode kesetimbangan batas .....	100
Tabel 5.11	Parameter untuk analisis kestabilan lereng dengan metode elemen hingga .....	100
Tabel 5.12	Nilai faktor keamanan lereng dengan analisis MKB .....	110
Tabel 5.13	Nilai SRF kritis dengan analisis MEH .....	117
Tabel 6.1	Nilai perbandingan faktor keamanan dengan MKB dan MEH .....	122
Tabel 6.2	Hasil evaluasi pengaruh beban gempa .....	122



UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

**Evaluasi Kondisi Geologi Teknik dan Analisis Kestabilan Lereng pada Pembangunan Jalan Ruas  
Planjan-Baron-Tepus STA 7+000 sampai dengan STA 9+725**

TRI PUJI ASTUTI, Ir. I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D, IPM ; Dr. Eng. Ir. Didit Hadi Barianto, S.T., M.Si., IPM

Universitas Gadjah Mada, 2022 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

Tabel 6.3	Faktor keamanan dengan metode <i>Janbu's Simplified</i> terhadap faktor keamanan rata-rata MKB .....	123
Tabel 6.4	Nilai <i>total displacement</i> lereng .....	129