

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
INTISARI .....	x
ABSTRACT.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Keaslian Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Gerakan Massa dan Longsoran .....	4
2.2 Proses Gerakan Massa.....	4
2.3 Klasifikasi, Tipe-tipe, dan Bagian-bagian Gerakan Massa .....	5
2.3.1 Klasifikasi Gerakan Massa .....	5
2.3.2 Jenis-jenis Gerakan Massa .....	5
2.3.3 Bagian-Bagian Gerakan Massa.....	10
2.4 Penyebab Gerakan Massa.....	12
2.5 Pengaruh Retak Tarik Pada Stabilitas Lereng.....	13
2.6 Fluktuasi Muka Air Tanah dan Tekanan air pori .....	14
2.7 Tanah Jenuh Sebagian ( <i>Unsaturated</i> ) .....	14
2.8 Tipe Hujan Pemicu Longsor.....	15
BAB III LANDASAN TEORI .....	16
3.1 Hujan .....	16
3.2 Aliran Air dalam Tanah Jenuh Sebagian ( <i>Unsaturated</i> ).....	17
3.3 Kurva Karakteristik Air Tanah ( <i>Soil-Water Characteristic Curve</i> ).....	18
3.4 Kadar Air Volumetrik ( <i>Volumetric Water Content</i> ).....	19
3.4.1 Van Genuchten (1980).....	19

3.4.2 Fredlund dan Xing (1994).....	20
3.5 Permeabilitas ( <i>Hydraulic Conductivity</i> ).....	21
3.5.1 Van Genuchten (1980).....	22
3.5.2 Fredlund dan Xing (1994).....	23
3.6 Tegangan Efektif.....	24
3.7 Kuat geser tanah.....	24
3.8 Metode <i>Limit Equilibrium</i> .....	25
3.8.1 <i>General Limit Equilibrium</i> (GLE).....	26
3.8.2 Metode Ordinary atau Fellenius.....	28
3.8.3 Metode Bishop <i>Simplified</i> .....	29
3.8.4 Metode Janbu <i>Simplified</i> .....	30
3.8.5 Metode Spencer.....	31
3.8.6 Metode Morgenstern-Price.....	34
3.9 Analisis Rembesan Lereng dengan SEEP/W.....	37
3.9.1 Tahapan Analisis Rembesan dengan SEEP/W.....	37
3.10 Analisis Stabilitas Lereng dengan SLOPE/W.....	38
3.10.1 Analisis Stabilitas Lereng.....	38
3.10.2 Faktor keamanan.....	39
3.11 Kedalaman Retak.....	40
<b>BAB IV METODE PENELITIAN.....</b>	<b>42</b>
4.1 Prosedur Penelitian.....	42
4.2 Rumusan Masalah dan Studi Literatur.....	42
4.3 Pengumpulan Data.....	42
4.4 <i>Input</i> dan Analisis Data.....	42
4.5 Skenario Analisis.....	44
4.6 Bagan Alir Penelitian.....	44
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>46</b>
5.1 Karakteristik Lapisan Tanah Lereng.....	46
5.2 Analisis Numerik Stabilitas Lereng dengan Retak Tarik.....	49
5.3 Pengaruh Kedalaman Retak.....	52
5.4 Pengaruh Lebar Retak.....	57
5.5 Pengaruh Kemiringan Lereng.....	62
5.6 Pengaruh Permeabilitas Tanah.....	67
5.7 Pengaruh Intensitas dan Durasi Hujan.....	72
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>76</b>
6.1 Kesimpulan.....	76

6.2 Saran .....	77
DAFTAR PUSTAKA .....	vii

### DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi gerakan tanah (Varnes, 1978).....	5
Tabel 3. 1 Keadaan dan Intensitas Hujan (Sosrodarsono, 1985).....	16
Tabel 3. 2 Kisaran permeabilitas tanah ( <i>k</i> ) pada temperatur 20° C (Das, 1983).....	24
Tabel 3. 3 Nilai faktor keamanan untuk lereng (SNI 8460:2017) .....	40
Tabel 3. 4 Hubungan faktor keamanan dengan intensitas longsor (Bowles, 1984).....	40
Tabel 4. 1 Data Penelitian.....	42
Tabel 4. 2 Skenario Penelitian .....	44
Tabel 5. 1 Geometri Lereng.....	46
Tabel 5. 2 Data propertis tanah .....	47
Tabel 5. 3 Data propertis tanah dalam variasi permeabilitas tanah .....	47
Tabel 5. 4 Skenario kedalaman retak.....	52
Tabel 5. 5 Distribusi tekanan air pori dan faktor keamanan variasi kedalaman retak....	57
Tabel 5. 6 Skenario lebar retak .....	57
Tabel 5. 7 Distribusi tekanan air pori dan faktor keamanan variasi lebar retak .....	62
Tabel 5. 8 Skenario kemiringan lereng .....	62
Tabel 5. 9 Distribusi tekanan air pori dan faktor keamanan variasi kemiringan lereng .	66
Tabel 5. 10 Skenario permeabilitas tanah .....	67
Tabel 5. 11 Distribusi tekanan air pori dan faktor keamanan variasi permeabilitas tanah .....	72
Tabel 5. 12 Skenario intensitas dan durasi hujan.....	72
Tabel 5. 13 Distribusi tekanan air pori dan faktor keamanan variasi intensitas dan durasi hujan .....	75

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema jatuhnya batu (USGS, 2008) .....	6
Gambar 2. 2 Skema robohan (USGS, 2008).....	7
Gambar 2. 3 (a) Longsoran rotasional, (b) Longsoran translasional (USGS, 2008) .....	7
Gambar 2. 4 Skema sebaran lateral (USGS, 2008).....	8
Gambar 2. 5 (a) Aliran Debris, (b) Debris Vulkanik, (c) <i>Debris Avalanche</i> ,..... (d) Rayapan ( <i>creep</i> ), (e) Aliran di lapisan es ( <i>permafrost</i> ) (USGS, 2008)	10
Gambar 2. 6 Bagian-bagian longsoran (Cruden dan Varnes, 1996).....	11
Gambar 2. 7 Proses terjadinya gerakan tanah dan penyebabnya (Karnawati, 2005).....	12
Gambar 2. 8 Skema uji setrifugal model lereng (Ga Zhang dkk., 2012).....	13
Gambar 2. 9 Hubungan fluktuasi muka air tanah terhadap perpindahan massa (Faris dan Fathani, 2013).....	14
Gambar 2. 10 Perbedaan fase elemen pada tanah <i>unsaturated</i> : .....	15
Gambar 3. 1 Ilustrasi konseptual zona tanah <i>unsaturated: saturation, total head</i> , dan <i>pore pressure profiles</i> (Ning Lu dkk., 2004).....	19
Gambar 3. 2 <i>Volumetric water content</i> ( $\theta$ ) (Fredlund dkk., 2001).....	21
Gambar 3. 3 Faktor keamanan vs lambda ( $\lambda$ ) (GEO-SLOPE Internasional, 2015b) .....	27
Gambar 3. 4 <i>Free body</i> diagram dan poligon gaya untuk metode Ordinary (GEO-SLOPE Internasional, 2015b).....	29
Gambar 3. 5 <i>Free body</i> diagram dan poligon gaya untuk metode Bishop <i>Simplified</i> (GEO-SLOPE Internasional, 2015b).....	30
Gambar 3. 6 Faktor keamanan Bishop <i>Simplified</i> (GEO-SLOPE Internasional, 2015b)	30
Gambar 3. 7 <i>Free body</i> diagram dan poligon gaya untuk metode Janbu <i>Simplified</i> (GEO-SLOPE Internasional, 2015b).....	31
Gambar 3. 8 Faktor keamanan Janbu <i>Simplified</i> (GEO-SLOPE Internasional, 2015b).	31
Gambar 3. 9 Situasi stabilitas lereng untuk metode <i>Spencer</i> (GEO-SLOPE Internasional, 2015b).....	32
Gambar 3. 10 Faktor keamanan <i>Spencer</i> (GEO-SLOPE Internasional, 2015b).....	32
Gambar 3. 11 Fungsi <i>interslice</i> untuk metode <i>Spencer</i> (GEO-SLOPE Internasional, 2015b).....	33
Gambar 3. 12 <i>Free body</i> diagram dan poligon gaya untuk metode <i>Spencer</i> (GEO-SLOPE Internasional, 2015b).....	33
Gambar 3. 13 Hasil stabilitas lereng untuk metode Morgenstern-Price (GEO-SLOPE Internasional, 2015b).....	34
Gambar 3. 14 Faktor keamanan metode Morgenstern-Price dengan fungsi <i>half-sine</i> (GEO-SLOPE Internasional, 2015b).....	35
Gambar 3. 15 Fungsi <i>half-sine</i> antar irisan ( <i>interslice</i> ) (GEO-SLOPE Internasional, 2015b).....	35
Gambar 3. 16 <i>Free body</i> diagram dan poligon gaya untuk metode Morgenstern-Price (GEO-SLOPE Internasional, 2015b).....	36
Gambar 3. 17 Metode irisan (GEO-SLOPE Internasional, 2015b).....	38
Gambar 3. 18 Pengaruh retakan di permukaan (Hardiyatmo, 2012) .....	41
Gambar 4. 1 Model retak tarik dalam program SEEP/W.....	43
Gambar 4. 2 Model retak tarik dalam program SLOPE/W .....	43
Gambar 4. 3 Bagan alir penelitian .....	45

Gambar 5. 1 Model lereng dengan retak tarik.....	46
Gambar 5. 2 (a) SWCC untuk tanah lanau, (b) Koefisien permeabilitas untuk tanah lanau, (c) SWCC untuk <i>bedrock</i> , (d) Koefisien permeabilitas untuk <i>bedrock</i> .....	48
Gambar 5. 3 (a) SWCC untuk tanah lempung kelanauan, (b) Koefisien permeabilitas untuk tanah lempung kelanauan .....	48
Gambar 5. 4 (a) SWCC untuk tanah lempung kepasiran, (b) Koefisien permeabilitas untuk tanah lempung kepasiran .....	49
Gambar 5. 5 (a) SWCC untuk retak tarik, (b) Koefisien permeabilitas untuk retak tarik (Wang dkk., 2011) .....	49
Gambar 5. 6 (a) Model <i>finite element</i> dengan retak tarik, (b) <i>Mesh</i> pada model dengan retak tarik.....	50
Gambar 5. 7 (a) Model <i>limit equilibrium</i> dengan retak tarik, (b) <i>Parent</i> analisis SEEP/W dan SLOPE/W model dengan retak tarik .....	51
Gambar 5. 8 Titik tinjauan perubahan tekanan air pori .....	52
Gambar 5. 9 (a) <i>Shading</i> tekanan air pori kedalaman retak 0 cm, (b) <i>Shading</i> tekanan air pori kedalaman retak 200 cm, (c) <i>Shading</i> tekanan air pori kedalaman retak 800 cm.....	54
Gambar 5. 10 (a) Tekanan air pori nodal #1, (b) Tekanan air pori nodal #2, (c) Tekanan air pori nodal #3, (d) Penurunan faktor keamanan selama variasi kedalaman retak.....	55
Gambar 5. 11 (a) Faktor keamanan kedalaman retak 0 cm, (b) Faktor keamanan kedalaman retak 200 cm, (c) Faktor keamanan kedalaman retak 800 cm	56
Gambar 5. 12 Persentase penurunan faktor keamanan selama variasi kedalaman retak	57
Gambar 5. 13 (a) <i>Shading</i> tekanan air pori lebar retak 10 cm, (b) <i>Shading</i> tekanan air pori lebar retak 15 cm, (c) <i>Shading</i> tekanan air pori lebar retak 20 cm ...	59
Gambar 5. 14 (a) Tekanan air pori nodal #1, (b) Tekanan air pori lebar retak nodal #2, (c) Tekanan air pori nodal #3, (d) Penurunan faktor keamanan selama variasi lebar retak .....	60
Gambar 5. 15 (a) Faktor keamanan lebar retak 10 cm, (b) Faktor keamanan lebar retak 15 cm, (c) Faktor keamanan lebar retak 20 cm .....	61
Gambar 5. 16 Persentase penurunan faktor keamanan selama variasi lebar retak .....	62
Gambar 5. 17 (a) <i>Shading</i> tekanan air pori kedalaman retak 0 cm, (b) <i>Shading</i> tekanan air pori kedalaman retak 200 cm, (c) <i>Shading</i> tekanan air pori kedalaman retak 800 cm .....	64
Gambar 5. 18 (a) Tekanan air pori kemiringan lereng 50° pada nodal #1, (b) Tekanan air pori kemiringan lereng 50° pada nodal #2, (c) Tekanan air pori kemiringan lereng 50° pada nodal #3, (d) Penurunan faktor keamanan selama peningkatan retak tarik .....	65
Gambar 5. 19 (a) Persentase penurunan faktor keamanan pada kemiringan 40°, (b) Persentase penurunan faktor keamanan pada kemiringan 45°, (c) Persentase penurunan faktor keamanan pada kemiringan 50° .....	66
Gambar 5. 20 (a) <i>Shading</i> tekanan air pori tanah lanau, (b) <i>Shading</i> tekanan air pori tanah lempung kelanauan, (c) <i>Shading</i> tekanan air pori tanah lempung kepasiran.....	68



Gambar 5. 21 (a) Tekanan air pori untuk nodal #1, (b) Tekanan air pori untuk nodal #2 (c) Tekanan air pori untuk nodal #3, (d) Faktor keamanan selama variasi permeabilitas .....	69
Gambar 5. 22 (a) Faktor keamanan lanau, (b) Faktor keamanan tanah lempung kelanauan, (c) Faktor keamanan tanah lempung kepasiran.....	71
Gambar 5. 23 Persentase faktor keamanan selama variasi permeabilitas.....	71
Gambar 5. 24 (a) Tekanan air pori untuk intensitas sama dan durasi berbeda, (b) Tekanan air pori untuk intensitas berbeda dan durasi sama, (c) Penurunan faktor keamanan untuk intensitas sama dan durasi, (d) Penurunan faktor keamanan untuk intensitas berbeda dan durasi sama .....	73
Gambar 5. 25 (a) Persentase penurunan faktor keamanan untuk intensitas sama dan durasi, (b) Persentase penurunan faktor keamanan untuk intensitas berbeda dan durasi sama .....	74