

TANAH LONGSOR DAN EROSI

KEJADIAN DAN PENANGANAN

Oleh:

Hary Christady Hardiyatmo

Gadjah Mada University Press

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	ix
BAB I - DASAR-DASAR PENGERTIAN LONGSORAN	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Penyebab Longsor	2
1.2.1 Penambahan Beban, Penggalian, Erosi Kaki Lereng	3
1.2.2 Pembekuan dan Pencairan Es	4
1.2.3 Hujan dan Kenaikan Tekanan Air Pori	4
1.2.4 Penurunan Muka Air Cepat (<i>Rapid Drawdown</i>)	7
1.2.5 Getaran atau Gempa Bumi	8
1.3 Rayapan (<i>Creep</i>)	10
1.3.1 Macam-macam Rayapan	12
1.3.2 Sebab-sebab Terjadinya Rayapan	13
1.3.3 Kecepatan Gerakan Rayapan	14
1.4 Gerakan Massa	15
1.4.1 Jatuhan	15
1.4.2 Robohan	18
1.4.3 Longsor	19
1.4.4 Sebaran	26
1.4.5 Aliran	27
1.4.6 Longsor Dangkal	31
1.5 Kecepatan Gerakan Longsor	32
1.6 Klasifikasi Longsor	33
1.7 Tanda-tanda Gerakan Tanah	34
1.8 Bagian-bagian Longsor	35
1.9 Tebal Zona Longsor	39
1.10 Contoh-contoh Kasus Kejadian Longsor	39
1.10.1 Longsor di Purworejo	40
1.10.2 Longsor di Wonosobo	43
1.10.3 Longsor di Kedungrong-Kulonprogo	43

1.10.4 Rayapan di Karangsambung	44
1.10.5 Longsoran di Mameyes Amerika	44
1.10.6 Longsoran di Gansu-China	45
1.10.7 Longsoran di Ngarai Taroko-Taiwan	46
1.10.8 Amblesan di Ripon-Inggris	46
1.10.9 Longsoran di Tsukidate-Jepang	47
1.10.10 Longsoran di Surai Khola-Nepal	48
1.10.11 Longsoran di Pegunungan Himalaya-India	49
BAB II-TANAH DAN BATUAN	51
2.1 Pendahuluan	51
2.2 Macam-macam Endapan	51
2.2.1 Endapan <i>Alluvial</i>	52
2.2.2 Endapan <i>Glacial</i>	53
2.2.3 Endapan <i>Eolian</i>	54
2.2.4 Endapan <i>Residual</i>	54
2.2.5 Endapan <i>Colluvial/Talus</i>	56
2.2.6 Endapan Laut	57
2.2.7 <i>Melange</i>	57
2.3 Batuan	57
2.3.1 Batuan Beku	59
2.3.2 Batuan Sedimen	59
2.3.3 Batuan <i>Metamorf</i>	63
2.4 Tanah	64
2.4.1 Identifikasi Tanah	65
2.4.2 Analisis Ukuran Butiran	67
2.4.3 Sifat-sifat teknis tanah	69
2.4.4 Klasifikasi Tanah	80
BAB III – PENYELIDIKAN LONGSORAN	82
3.1 Pendahuluan	82
3.2 Identifikasi Gerakan Tanah	82
3.3 Tipe dan Mekanisme Longsoran	84
3.2.1 Gaya-gaya Penyebab Longsoran	84
3.2.2 Gaya-gaya Penahan	85

3.4 Penyelidikan Lokasi Longsoran	85
3.4.1 Lingkup Pekerjaan Penyelidikan	85
3.4.2 Penyelidikan Persiapan	85
3.4.3 Data yang Dibutuhkan	87
3.4.3.1 Peta Topografi	87
3.4.3.2 Peta Geologi	87
3.4.3.3 Peta Survei Tanah	88
3.4.3.4 Penelitian Geologi Terdahulu	88
3.4.3.5 Peta Longsoran	89
3.4.3.6 Catatan Gempa	89
3.5 Penyelidikan Geologi	89
3.5.1 Studi Pustaka	90
3.5.2 Studi di Lapangan	90
3.5.2.1 Alat	90
3.5.2.2 Pemetaan Lokasi Longsoran	92
3.5.2.3 Pengamatan di Lokasi	93
3.6 Photo Udara	97

BAB IV - PERTIMBANGAN-PERTIMBANGAN DALAM ANALISIS STABILITAS LERENG

4.1 Pendahuluan	100
4.2 Lereng Alam dan Lereng Buatan	100
4.2.1 Lereng alam	101
4.2.2 Lereng buatan	101
4.3 Pertimbangan dalam Analisis	103
4.3.1 Struktur Tanah atau Batuan	105
4.3.2 Struktur Geologi	105
4.3.3 Ketidakteraturan	106
4.3.4 Tegangan di Dalam Tanah	106
4.3.5 Pelapukan	107
4.3.6 Aktivitas Longsoran Terdahulu	107
4.3.7 Mineralogi Lempung	108
4.3.8 Pengaruh Gempa	109
4.3.9 Air Tanah	109
4.3.9.1 Zona Air di Dalam Tanah	110
4.3.9.2 Tekanan Kapiler	115

4.3.9.3 Variasi Derajat Kejenuhan dan Kelembaban	122
4.3.9.4 Gerakan Air Tanah	125
4.3.9.5 Macam-macam Aliran Air Tanah	126
4.3.10 Pengaruh Struktur Geologi pada Aliran Air Tanah	138
4.3.11 Tekanan Air Pori	140
BAB V- ANALISIS STABILITAS LERENG	144
5.1 Pendahuluan	144
5.2 Model-model Keruntuhan	145
5.3 Teori Analisis Stabilitas Lereng	147
5.4 Bidang Longsor Datar	150
5.4.1 Lereng Tak Terhingga (<i>Infinite Slope</i>)	150
5.4.2 Lereng Terbatas (<i>Finite Slope</i>)	158
5.5 Bidang Longsor Lingkaran	162
5.5.1 Analisis Stabilitas Lereng Tanah Kohesif	162
5.5.2 Diagram Taylor (1984) untuk Lempung dengan $\phi=0$	164
5.5.3 Diagram Taylor (1984) untuk Lempung dengan $\phi>0$	170
5.5 Metoda Irisan	176
5.5.1 Metode Fellinius	177
5.5.2 Metode Bishop Disederhanakan (<i>Simplified Bishop Method</i>)	179
5.5.3 Diagram Bishop dan Morgenstern (1960)	184
5.5.4 Diagram Morgenstern (1963) untuk Kondisi Penurunan Muka Air Cepat (<i>Rapid Drawdown</i>)	187
5.5.5 Diagram Spenser (1967)	194
5.6 Permukaan Bidang Longsor Komposit	196
5.7 Cara Menentukan Rasio Tekanan Pori Rata-rata (r_u)	198
5.8 Pengaruh Retakan pada Tanah Kohesif	199
5.9 Pengaruh Gempa	201
5.10 Metoda Elemen Hingga (<i>Finite Element Method</i>)	201
5.11 Analisis Komputer	204
5.12 Pemilihan Parameter Kuat Geser	204
5.12.1 Timbunan pada Tanah Kohesif (Bishop dan Bjerrum, 1960)	205

5.12.2 Galian pada Tanah Kohesif Bishop dan Bjerrum, 1960)	207
5.12.3 Pembangunan di Dekat Lereng Tanah Kohesif (Wu, 1966)	209
5.13 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Ketepatan Hitungan Analisis Stabilitas Lereng	209

BAB VI – METODA PERBAIKAN STABILITAS LERENG 211

6.1 Pendahuluan	211
6.2 Perbaikan Stabilitas Lereng dengan Merubah Geometri Lereng	212
6.2.1 Melandaikan Kemiringan Lereng	212
6.2.2 Trap/Bangku	214
6.2.3 Pertimbangan Umum dalam merubah geometri lereng	215
6.3 Perbaikan Stabilitas Lereng dengan Mengontrol Drainasi dan Rembesan	216
6.3.1 Drainase Air Permukaan	217
6.3.2 Drainase Air Bawah Permukaan	222
6.4 Pembuatan Struktur untuk Stabilisasi	232
6.4.1 Struktur <i>Berm</i>	232
6.4.2 Parit Geser	235
6.4.3 Dinding Penahan	237
6.4.3.1 Dinding Memotong Kaki Lereng	237
6.4.3.2 Dinding Penahan tidak Memotong Kaki Lereng	239
6.4.3.3 Tipe-tipe Struktur Dinding Penahan	240
6.5 Pembongkaran dan Pemindahan	268
6.6 Perlindungan Permukaan Lereng	268
6.6.1 Shotcrete	269
6.6.2 Plester Chunam	270
6.6.3 Pasangan Batu	271
6.6.4 Rip-rap	271
6.7 Relokasi	273
6.8 Penanganan Tanah Longsor Di Pedesaan	274

BAB VII – PERANAN VEGETASI DALAM STABILITAS LERENG	277
7.1 Pendahuluan	277
7.2 Pengaruh Vegetasi pada Lereng	278
7.2.1 Pengaruh Beban Pohon	279
7.2.2 Pengaruh Hidrologi dan Mekanik	280
7.2.3 Pengaruh Pembongkaran Pohon	283
7.3 Morfologi Akar dan Kekuatannya	285
7.3.1 Pertumbuhan Akar	285
7.3.2 Pengaruh Akar terhadap Kelembaban Tanah	290
7.3.3 Susunan dan Distribusi Akar	291
7.4 Kuat Tarik Akar	293
7.5 Pengaruh Pembusukan Akar	297
7.6 Perkuatan Tanah Oleh Akar	299
7.7 Pemilihan Jenis dan Penempatan Tanaman	311
7.7.1 Pemilihan Jenis Tumbuh-tumbuhan	311
7.7.2 Penempatan Tanaman	315
7.8 Pengaruh Akar Tanaman Terhadap Kestabilan Struktur	315
BAB VIII - INSTRUMENTASI DAN PEMANTAUAN	316
8.1 Pendahuluan	316
8.1.1 Bangunan Gedung	317
8.1.2 Bendungan	317
8.1.3 Jembatan	319
8.1.4 Gerakan Lereng	319
8.2 Pertimbangan-Pertimbangan Dalam Pengadaan Instrumen	320
8.2.1 Program Instrumentasi	321
8.2.2 Program Pemantauan	322
8.2.3 Program Pemasangan dan Pengamatan	322
8.3 Parameter Pemantauan	323
8.3.1 Petunjuk Visual	323
8.3.2 Gerakan Vertikal dan Horisontal	323
8.3.3 Kedudukan Muka Air Tanah	324
8.3.4 Tekanan Air Pori	324
8.4 Perangkat Di Dalam Instrumen Elektrik	325

8.4.1 Perangkat Pneumatik (<i>Pneumatic Device</i>)	325
8.4.2 Alat Ukur Kawat Getar (<i>Vibrating Wire</i>)	326
8.4.3 Alat Ukur Regangan (<i>Strain Gage</i>)	327
8.4.4 <i>Linear Variable Differential Transformer</i> (LVDT)	329
8.4.5 <i>Force Balance Accelerometer</i>	330
8.5 Macam-Macam Instrumen	330
8.5.1 Alat Ukur Tekanan Air Pori	330
8.5.1.1 Sumur Observasi	331
8.5.1.2 Piezometer	332
8.5.2 Alat-alat Ukur Untuk Pemantauan Gerakan Tanah	341
8.5.2.1 Metoda Survei	342
8.5.2.2 Ekstensometer	344
8.5.2.3 Lajur Metal	347
8.5.2.4 Alat Ukur Retak <i>Grid</i>	347
8.5.2.5 Alat Ukur Retak Pita Ekstensometer	349
8.5.2.6 Alat Ukur Retak Elektrik	349
8.5.2.7 Inklinometer	350
8.6 Alat Untuk Menaksir Letak Bidang Geser	357
8.6.1 Tongkat Dalam Lubang Bor	358
8.6.2 Patok-patok Runtuh	358
8.6.3 Ekstensometer Lubang Bor Bertingkat	359
8.6.4 Lajur-lajur geser	360
8.6.5 Ekstensometer Lereng	361
8.7 Alat Pengukur Tegangan	362
8.8 Pemantauan	364
8.8.1 Pemrosesan Data	364
8.8.2 Interpretasi	365
8.8.3 Kalibrasi, Pemasangan dan Pembacaan Alat	366
BAB IX – EROSI	367
9.1 Pendahuluan	367
9.2 Erosi Permukaan	368
9.2.1 Erosi Percikan	369
9.2.2 Erosi Lembaran	374
9.2.3 Erosi Alur	374

9.2.4 Erosi Parit	375
9.2.5 Erosi Sungai/Saluran	375
9.3 Gerakan Massa	376
9.4 Sifat-Sifat Tanah Yang Mempengaruhi Erosi	377
9.5 Persamaan USLE	380
9.5.1 Faktor Erosi Hujan (R)	382
9.5.2 Faktor Erodibilitas (K)	384
9.5.3 Faktor Gabungan Panjang dan Kemiringan Lereng	389
9.5.4 Faktor Penutup Vegetasi (C)	391
Bab X - PENGENDALIAN EROSI	394
10.1 Pendahuluan	394
10.2 Pengendalian Erosi Permukaan	394
10.3 Pengendalian Erosi Tebing Sungai	395
10.4 Pengendalian Erosi dengan Cara Mekanis	397
10.5 Pengendalian Erosi dengan Cara Vegetatif	398
10.5.1 Alternatif Cara Pengendalian	401
10.5.2 Metoda Bioteknik Tanah	406
10.5.2.1 Batang Hidup (<i>Live Staking</i>)	410
10.5.2.2 Untaian batang dan Ranting Hidup (<i>Live Fascine</i>)	412
10.5.2.3 Lapisan Semak Belukar (<i>Brushlayer</i>)	414
10.5.2.4 Onggokan Cabang (<i>Branchpacking</i>)	418
10.5.2.5 Dinding Krib Ditanami (<i>Vegetated Crib Wall</i>)	420
10.5.2.6 Kisi-kisi Lereng Ditanami (<i>Live Slope Grating</i>)	422
10.5.2.7 Geogrid Ditanami (<i>Vegetated Geogrid</i>)	426
10.5.2.8 Geotekstil untuk mengendalikan Erosi	428
10.6 Kriteria Pemilihan Metoda Bioteknik	429
10.6.1 Pemilihan Didasarkan Pada Lereng dan Lokasi	429
10.6.2 Pemilihan Didasarkan pada Kondisi Tanah dan Lokasi	431
DAFTAR ACUAN	432