UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGEMBANGAN METODE PENENTUAN AMBANG BATAS (THRESHOLD) INTENSITAS-DURASI HUJAN PEMICU KELONGSORAN
PADA LERENG TAMBANG TERBUKA MENGGUNAKAN PEMODELAN NUMERIS
Fransiscus Valenfuari Situmorang, Ir. Rozaqqa Noviandi, S.T., M.Agr., Ph.D., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN ii
HALAMAN PENGESAHAN iii
HALAMAN PERNYATAAN iv
HALAMAN PERSEMBAHAN v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR LAMBANG xiv
DAFTAR ISTILAH xv
INTISARI xvi
ABSTRACT xvii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Manfaat Penelitian 4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Ambang Batas Intensitas-Durasi Hujan Pemicu Longsor 5
2.2 Pemodelan Numeris Infiltrasi dan Stabilitas Lereng Akibat Hujan 7
2.3 Karakteristik Geoteknik Material Nikel Laterit 8
2.4 Mekanika Tanah Tak Jenuh dalam Konteks Kelongsoran Lereng Akibat Hujan 10
2.5 Keaslian Penelitian 11
BAB 3 LANDASAN TEORI 12
3.1 Karakteristik dan Kestabilan Lereng Tambang Terbuka 12
3.1.1 Geometri Lereng Tambang 12
3.1.2 Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng 13
3.1.3 Jenis-Jenis Kelongsoran 14
3.1.4 Faktor Keamanan dan Standar Kestabilan Lereng Tambang 15
3.2 Kriteria Kuat Geser Tanah : Mohr-Coulomb 18
3.2.1 Konsep Tegangan Efektif Terzaghi 18
3.2.2 Kriteria Keruntuhan Mohr-Coulomb 18
3.2.3 Parameter Kuat Geser dari Uji Triaksial 19
3.3 Mekanika Tanah Tak Jenuh Air (*Unsaturated Soils*) 20
3.3.1 Sistem Tiga Fase 20
3.3.2 Tegangan Isapan Matriks (*Matric Suction*) 21
3.3.3 Persamaan Kuat Geser Tanah Tak Jenuh (Fredlund et al. 1978) 22
3.4 Kurva Karakteristik Air Tanah/ *Soil-Water Characteristic Curve* (SWCC) 23
3.4.1 Definisi dan Fungsi SWCC 23

PENGEMBANGAN METODE PENENTUAN AMBANG BATAS (THRESHOLD) INTENSITAS-DURASI HUJAN PEMICU KELONGSORAN
PADA LERENG TAMBANG TERBUKA MENGGUNAKAN PEMODELAN NUMERIS
Fransiscus Valenfuari Situmorang, Ir. Rozaqqa Noviandi, S.T., M.Agr., Ph.D., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.4.2 Parameter Utama SWCC 25
3.4.3 Metode Pengujian Kertas Saring (*Filter Paper*) (ASTM D5298) 26
3.4.4 Metode Estimasi SWCC Empiris 26
3.5 Analisis Rembesan Transien (*Transient Seepage*) 28
3.5.1 Hukum Darcy dan Aliran Jenuh 28
3.5.2 Persamaan Richards untuk Aliran Transien Tak Jenuh 29
3.5.3 Metode Elemen Hingga (FEM) untuk Analisis Rembesan 30
3.5.4 Kondisi Batas Analisis Rembesan 30
3.6 Metode Kesetimbangan Batas (*Limit Equilibrium Method*) 31
3.6.1 Prinsip Dasar 31
3.6.2 Perbandingan Metode Kesetimbangan Batas 32
3.6.3 Metode Morgenstern-Price (1965) 32
3.6.4 Bidang Gelincir Kritis 33
3.7 Konsep Ambang Batas (*Threshold*) Intensitas-Durasi (I-D) Hujan 34
3.7.1 Latar Belakang dan Definisi 34
3.7.2 Model Empiris Caine (1980) 35
3.7.3 Keterbatasan Pendekatan Empiris di Lingkungan Tambang 36
3.7.4 *Threshold* Berbasis Pemodelan Numeris 36
3.7.5 Kurva Envelope *Threshold* 37
BAB 4 METODE PENELITIAN 38
4.1 Kondisi Geologi dan Geoteknik Lokasi Penelitian 38
4.2 Alat dan Bahan Penelitian 40
4.2.1 Alat Penelitian 40
4.2.2 Bahan Penelitian 41
4.3 Tahapan Penelitian 41
4.3.1 Studi Literatur dan Persiapan Data 43
4.3.2 Pengujian Laboratorium 43
4.3.3 Pemodelan Numeris 44
4.3.4 Penyusunan Kurva *Threshold* I-D 44
4.3.5 Validasi Model 44
4.4 Pengujian Laboratorium 45
4.4.1 Pengujian Sifat Fisik dan Indeks Tanah 45
4.4.2 Pengujian Kuat Geser Triaksial UU 45
4.4.3 Pengujian *Matric Suction* (Filter Paper) 45
4.5 Tahapan Pemodelan Numeris dengan Geostudio 2024 46
4.5.1 Persiapan Geometri Penampang 2D dari Surpac 46
4.5.2 Pemodelan SEEP/W 47
4.5.3 Pemodelan SLOPE/W 54
4.6 Pengolahan Data Curah Hujan AWS 58
4.6.1 Analisis Frekuensi Hujan Rencana 58
4.6.2 Penetapan Batas Skenario Intensitas 60
4.6.3 Intensitas Anteseden Untuk *Prewetting* 60
4.7 Penentuan Kurva *Threshold* I-D 61

PENGEMBANGAN METODE PENENTUAN AMBANG BATAS (THRESHOLD) INTENSITAS-DURASI HUJAN PEMICU KELONGSORAN
PADA LERENG TAMBANG TERBUKA MENGGUNAKAN PEMODELAN NUMERIS
Fransiscus Valenfuari Situmorang, Ir. Rozaqqa Noviandi, S.T., M.Agr., Ph.D., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.8 Validasi Model 61
BAB 5 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 62
5.1 Karakteristik Material Lereng 62
5.1.1 Parameter Sifat Fisik dan Kuat Geser 62
5.1.2 Parameter Hidrolik Tanah 64
5.2 Kondisi *Prewetting* dan Kestabilan Awal 66
5.2.1 Respon Lereng 3 : Konvergensi FK dan Ketiadaan Kondisi Bahaya 70
5.2.2 Respons Lereng 4 (Sensitivitas Lebih Tinggi) 72
5.2.3 Anomali Migrasi Bidang Gelincir pada Lereng 3 73
5.3 Kurva Ambang Batas Intensitas-Druasi Hujan 76
5.4 Validasi Model 78
5.4.1 Validasi *Back-analysis* Lereng 1 dan Lereng 2 78
5.4.2 Validasi Titik Anteseden Januari 2026 79
5.5 Rekomendasi Sistem Peringatan Dini (EWS) 81
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN 84
6.1 Kesimpulan 84
6.2 Saran 85
DAFTAR PUSTAKA 86
LAMPIRAN 90