KAJIAN GEOLOGI TEKNIK DAN ANALISIS STABILITAS LERENG OUTLET TEROWONGAN PENGELAK BENDUNGAN SURUMANA, PROVINSI SULAWESI TENGAH
Andre Ersada T, Ir. I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.; Ir. Anastasia Dewi Titisari, M.T., Ph.D., IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI v
DAFTAR GAMBAR viii
DAFTAR TABEL xi
INTISARI xii
ABSTRACT xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. LATAR BELAKANG 1
1.2. RUMUSAN MASALAH 2
1.3. TUJUAN PENELITIAN 3
1.4. MANFAAT PENELITIAN 3
1.5. LINGKUP PENELITIAN 3
1.5.1. Lingkup Lokasi Penelitian 3
1.5.2. Lingkup Pekerjaan 4
1.6. KETERBATASAN PENELITIAN 5
1.7. PENELITIAN TERDAHULU 5
1.8. KEASLIAN PENELITIAN 7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 8
2.1. FISIOGRAFI 8
2.2. STRATIGRAFI REGIONAL 9
2.3. STRUKTUR GEOLOGI REGIONAL 10
2.4. KERENTANAN TANAH REGIONAL 11
2.5. KEGEMPAAN LOKASI PENELITIAN 11
2.6. GEOLOGI TEKNIK DAERAH PENELITIAN 12
BAB III DASAR TEORI 16
3.1. TEROWONGAN 16
3.2. PENYELIDIKAN GEOLOGI TEKNIK 17
3.3. KLASIFIKASI MASSA BATUAN 18
3.3.1. *Rock Quality Designation* (RQD) 19

KAJIAN GEOLOGI TEKNIK DAN ANALISIS STABILITAS LERENG OUTLET TEROWONGAN PENGELAK BENDUNGAN SURUMANA, PROVINSI SULAWESI TENGAH
Andre Ersada T, Ir. I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.; Ir. Anastasia Dewi Titisari, M.T., Ph.D., IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.3.2. Q-System 19
3.3.3. *Geological Strength Index* (GSI) 22
3.4. KLASIFIKASI TANAH 27
3.5. SIFAT INDEKS DAN SIFAT MEKANIK BATUAN DAN TANAH 30
3.5.1. Sifat Indeks Batuan dan Tanah 30
3.5.2. Sifat Mekanik Batuan dan Tanah 30
3.6. METODE PENGGALIAN TEROWONGAN 33
3.7. SISTEM PENYANGGA TEROWONGAN 34
3.8. STABILITAS LERENG 36
3.9. HIPOTESIS 39
BAB IV METODE PENELITIAN 40
4.1. ALAT DAN BAHAN PENELITIAN 40
4.2. TAHAPAN PENELITIAN 40
4.2.1. Tahapan Pendahuluan 42
4.2.2. Tahapan Pengumpulan Data 42
4.2.3. Tahapan Analisis Data 45
4.2.4. Tahapan Evaluasi Data 48
4.2.5. Tahapan Pelaporan 49
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 50
5.1. GEOLOGI TEKNIK DAERAH PENELITIAN 50
5.1.1. Geomorfologi 50
5.1.2. Batuan dan Tanah 58
5.1.3. Struktur Geologi 70
5.1.4. Air Tanah 74
5.1.5. Kegempaan 74
5.2. KUALITAS MASSA BATUAN 75
5.2.1. Q-System 75
5.2.2. Geological Strength Index (GSI) 77
5.3. STABILITAS LERENG *OUTLET* TEROWONGAN 78
5.4. METODE PENGGALIAN TEROWONGAN 81
5.5. SISTEM PENYANGGA TEROWONGAN 84
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 86
6.1. KESIMPULAN 86
6.2. SARAN 87

KAJIAN GEOLOGI TEKNIK DAN ANALISIS STABILITAS LERENG OUTLET TEROWONGAN PENGELAK BENDUNGAN SURUMANA, PROVINSI SULAWESI TENGAH
Andre Ersada T, Ir. I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.; Ir. Anastasia Dewi Titisari, M.T., Ph.D., IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR PUSTAKA 89

LAMPIRAN 92

KAJIAN GEOLOGI TEKNIK DAN ANALISIS STABILITAS LERENG OUTLET TEROWONGAN PENGELAK BENDUNGAN SURUMANA,
PROVINSI SULAWESI TENGAH
Andre Ersada T, Ir. I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.; Ir. Anastasia Dewi Titisari, M.T., Ph.D., IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peta Lokasi Penelitian (Citra Google Earth, 2025) 4
Gambar 2.1. Fisiografi Pulau Sulawesi (Hall and Wilson, 2000) 8
Gambar 2.2. Bagian Barat dari Peta Geologi Tinjau Lembar Palu (Sukamto, 1973) dan Lokasi Penelitian 10
Gambar 2.3. Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Provinsi Sulawesi Tengah (Badan Geologi, 2009) 11
Gambar 2.4. Peta Peak Ground Acceleration (PGA) Probabilitas 10% dalam 50 Tahun Pulau Sulawesi (Modifikasi dari Pusat Studi Gempa Nasional, 2017) 12
Gambar 2.5. Peta Geologi Lokasi Rencana Pembangunan Bendungan Surumana (Dongbu Engineering Co., Ltd., 2023), fokus penelitian terletak pada sayatan A-B 13
Gambar 2.6. Profil Geologi di Sepanjang Terowongan Pengelak (Dongbu Engineering Co., Ltd., 2023) 13
Gambar 2.7 Profil Kelas Batuan di sepanjang Terowongan Pengelak (Dongbu Engineering Co., Ltd., dkk, 2023) 14
Gambar 2.8. Klasifikasi Kualitas Massa Batuan di sepanjang Terowongan Pengelak (Dongbu Engineering Co., Ltd., 2023) 15
Gambar 3.1. Bentuk-bentuk terowongan (Departemen Pekerjaan Umum, 2005) 16
Gambar 3.2. Klasifikasi GSI untuk Batuan Terkekarkan (Hoek dan Marinos, 2000) 23
Gambar 3.3. Klasifikasi GSI untuk Batuan Molasa Bawah Permukaan (Hoek dkk, 2005) 24
Gambar 3.4. Klasifikasi GSI untuk Batuan Molasa pada Lereng/Portal Terowongan (Hoek dkk, 2005) 24
Gambar 3.5. Dimensi sampel batuan untuk pengujian point load (ASTM D 5731-02,2003) . 32
Gambar 3.6. Metode Penggalian berdasarkan nilai GSI (Tsiambaos dan Saroglou, 2010) 35
Gambar 3.7. Penentuan Sistem Penyangga Metode *Q-System* (NGI, 2025) 36
Gambar 4.1. Diagram Alir Penelitian 41
Gambar 4.2. Peta Lintasan Pemetaan Geologi Daerah Penelitian 44
Gambar 4.3. Desain Lereng untuk Analisis Stabilitas Lereng 48
Gambar 5.1. Pola Pengaliran Sungai Daerah Penelitian 51
Gambar 5.2. Peta Kemiringan Lereng Lokasi Penelitian 52
Gambar 5.3. Peta Geomorfologi Lokasi Penelitian 53
Gambar 5.4. Satuan Dataran Denudasional Berlereng Landai (dekat STA 52) 55

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
KAJIAN GEOLOGI TEKNIK DAN ANALISIS STABILITAS LERENG OUTLET TEROWONGAN PENGELAK BENDUNGAN SURUMANA, PROVINSI SULAWESI TENGAH
Andre Ersada T, Ir. I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.; Ir. Anastasia Dewi Titisari, M.T., Ph.D., IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5.5. Satuan Perbukitan Kuesta Berlereng Agak Curam – Curam (foto diambil dari bawah bukit di dekat STA 2) 56
Gambar 5.6. Satuan Perbukitan Kuesta Berlereng Agak Curam – Curam (foto diambil dari tengah bukit di dekat STA 2) 56
Gambar 5.7. Satuan Perbukitan Homoklin Berlereng Curam – Sangat Curam Sisi Utara Lokasi Penelitian (dekat STA 52) 57
Gambar 5.8. Satuan Perbukitan Homoklin Berlereng Curam – Sangat Curam Sisi Selatan Lokasi Penelitian (dekat STA 52) 57
Gambar 5.9. Singkapan Breksi di STA-32 59
Gambar 5.10. Singkapan Breksi di STA-11 59
Gambar 5.11. Sayatan Petrografi pada matriks breksi STA-11 60
Gambar 5.12. Singkapan Konglomerat di STA-27 61
Gambar 5.13. Singkapan Konglomerat di STA-17 61
Gambar 5.14. Sayatan Petrografi pada Matriks Konglomerat STA-10 62
Gambar 5.15. Sayatan Petrografi pada Fragmen Konglomerat STA-10 62
Gambar 5.16. Singkapan Batupasir Sisipan Batulempung di STA-6 63
Gambar 5.17. Singkapan Batupasir di STA-2 64
Gambar 5.18. Sayatan Petrografi pada Batulempung STA-24 64
Gambar 5.19. Peta Geologi Daerah Penelitian 65
Gambar 5.20. Profil Geologi Daerah Penelitian 66
Gambar 5.21. Profil Litologi dan Tingkat Pelapukan Batuan di Sepanjang Jalur Terowongan 69
Gambar 5.22. Peta Kelurusan dan Diagram Mawar Kelurusan Daerah Penelitian 70
Gambar 5.23. Pengukuran Kekar (garis merah) di Lapangan 72
Gambar 5.24. Diagram Mawar Pengukuran Kekar Gerus Daerah Penelitian 72
Gambar 5.25. Sesar Naik di STA-6 73
Gambar 5.26. Sesar Normal di STA-9 73
Gambar 5.27. Zona Breksiasi STA-20 74
Gambar 5.28. Profil Elevasi Muka Air Tanah Sepanjang Jalur Terowongan 74
Gambar 5.29. Profil Kualitas Massa Batuan Berdasarkan *Q-System* di Sepanjang Jalur Terowongan 76
Gambar 5.30. Penilaian Kualitas Massa Batuan Berdasarkan Klasifikasi GSI untuk *Fissile Molasse* 77

KAJIAN GEOLOGI TEKNIK DAN ANALISIS STABILITAS LERENG OUTLET TEROWONGAN PENGELAK BENDUNGAN SURUMANA, PROVINSI SULAWESI TENGAH
Andre Ersada T, Ir. I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.; Ir. Anastasia Dewi Titisari, M.T., Ph.D., IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5.31. Profil Kualitas Massa Batuan Berdasarkan Klasifikasi GSI di Sepanjang Jalur Terowongan 78
Gambar 5.32. Lereng Eksisting Portal *Outlet* Terowongan 79
Gambar 5.33. Desain dan Material Penyusun Lereng Portal *Outlet* Terowongan 79
Gambar 5.34. Hasil Analisis Stabilitas Lereng Portal *Outlet* Terowongan 80
Gambar 5.35. Pembagian Zona untuk Rekomendasi Metode Penggalian dan Sistem Penyangga Terowongan 82
Gambar 5.36. Rekomendasi Metode Penggalian Terowongan di Lokasi Penelitian Berdasarkan GSI 83
Gambar 5.37. Penentuan Sistem Penyangga Terowongan Berdasarkan Q-System 84

KAJIAN GEOLOGI TEKNIK DAN ANALISIS STABILITAS LERENG OUTLET TEROWONGAN PENGELAK BENDUNGAN SURUMANA, PROVINSI SULAWESI TENGAH
Andre Ersada T, Ir. I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.; Ir. Anastasia Dewi Titisari, M.T., Ph.D., IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Hubungan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Ini 5
Tabel 3.1. Kualitas massa batuan berdasarkan RQD (Deere dan Miller, 1996)..... 19
Tabel 3.2. Nilai Parameter Q-System (Barton dkk., 1974) 20
Tabel 3.3. Kelas Batuan Q-System (Barton dkk., 1974) 22
Tabel 3.4. Kualitas Massa Batuan dan Nilai GSI (Sivakugan, 2013) 23
Tabel 3.5. Penilaian Jcond (Bieniawski, 1989) 25
Tabel 3.6. Estimasi Nilai Faktor kerusakan (Hoek dkk., 2002) 27
Tabel 3.7. Sistem Klasifikasi Tanah USCS (Casagrande, 1948)..... 29
Tabel 3.8. Nilai ESR Berdasarkan Kategori penggalian dan Jenis Struktur (Barton dkk., 1974)..... 36
Tabel 3.9. Karakterisitik Metode Analisis Kesetimbangan Batas (Duncan, 1996) 37
Tabel 3.10. Klasifikasi situs (AASHTO, 2012 dalam Badan Standardisasi Nasional, 2017) .. 38
Tabel 3.11. Faktor Amplifikasi Untuk PGA (Badan Standardisasi Nasional, 2017)..... 39
Tabel 5.1. Profil Geomorfologi Daerah Penelitian..... 54
Tabel 5.2. Kolom Stratigrafi Daerah Penelitian 67
Tabel 5.3. Hasil Pengujian Sifat Indeks dan Sifat Mekanik Batuan..... 67
Tabel 5.4. Hasil Pengujian Sifat Indeks dan Sifat Mekanik Tanah 68
Tabel 5.5. Rekapitulasi Data Pengukuran Kekar Gerus Daerah Penelitian..... 71
Tabel 5.6. Kualitas Massa Batuan Permukaan Berdasarkan *Q-System* 76
Tabel 5.7. Kualitas Massa Batuan Bawah Permukaan Berdasarkan *Q-System* 76
Tabel 5.8. Kualitas Massa Batuan Bawah Permukaan Berdasarkan GSI..... 78
Tabel 5.9. Parameter Material Analisis Stabilitas Lereng 80
Tabel 5.10. Nilai Faktor Kemanan Stabilitas Lereng 81
Tabel 5.11. Nilai GSI pada Elevasi Terowongan..... 82