UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakteristik Campuran Tanah CH dan SC sebagai Material Timbunan untuk Peningkatan Stabilitas Disposal Area Tambang Batubara
Shofy Azzahra, Dr. Eng. Ir. Adhitya Yoga Purnama, S.T., M. Eng., IPM., ASEAN. Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN ..... **ii**

LEMBAR PENGESAHAN ..... **iii**

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI ..... **iv**

PERNYATAAN KEBENARAN DOKUMEN ..... **v**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ..... **vi**

LEMBAR HAK CIPTA DAN STATUS ..... **vii**

LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR ..... **viii**

HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **x**

ABSTRAK ..... **xi**

ABSTRACT ..... **xii**

KATA PENGANTAR ..... **xiii**

DAFTAR ISI ..... **xv**

DAFTAR TABEL ..... **xix**

DAFTAR GAMBAR ..... **xxi**

DAFTAR LAMPIRAN ..... **xxiv**

DAFTAR NOTASI ..... **xxv**

BAB 1 PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 4

1.3 Tujuan Penelitian 4

1.4 Batasan Masalah 4

1.5 Manfaat Penelitian 5

1.6 Keaslian Penelitian 5

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI **8**

2.1 Timbunan Disposal Tambang dan Metode Stabilisasi 8

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakteristik Campuran Tanah CH dan SC sebagai Material Timbunan untuk Peningkatan Stabilitas Disposal Area Tambang Batubara
Shofy Azzahra, Dr. Eng. Ir. Adhitya Yoga Purnama, S.T., M. Eng., IPM., ASEAN. Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.1.1 Modifikasi Geometri Lereng 9
2.1.2 Sistem Perkuatan Lereng 10
2.2 Karakteristik Tanah Lokal 14
2.2.1 Tanah Lempung 14
2.2.2 Tanah Pasir 15
2.3 Peningkatan Kekuatan Tanah dengan Metode Pencampuran 17
2.3.1 Pencampuran Bahan Kimia 17
2.3.2 Pencampuran Lempung – Pasir 19
2.4 Pengaruh Sifat Geoteknik Terhadap Nilai CBR 21
2.4.1 Indeks Plastisitas 21
2.4.2 Karakteristik Pemadatan 22
2.4.3 Karakteristik gradasi butiran tanah berdasarkan Nilai Cu & Cc 23
2.5 Evaluasi Stabilitas Timbunan Disposal 25
2.5.1 Beban Kendaraan 25
2.5.2 Pengecekan Melalui Analisis Numerik FEM 2D 26
BAB 3 METODOLOGI 29
3.1 Lokasi Penelitian 29
3.2 Sistematika Penelitian 30
3.2.1 Standar dan Acuan 30
3.2.2 Bagan Alir Penelitian 30
3.2.3 Bahan/Material Penelitian 32
3.3 Data Penelitian 32
3.3.1 Data Primer 32
3.3.2 Data Sekunder 33
3.4 Metode Pelaksanaan Pengujian 33
3.4.1 Pengujian Tanah Eksisting/Asli 33
3.4.2 Penentuan Proporsi Tanah Campuran 34
3.4.3 *Desk Evaluation* Proporsi Tanah Campuran 35
3.4.4 Test ID Number 35
3.4.5 Pengujian Tanah Campuran 36
3.5 Analisis dan Pengolahan Data 37
3.5.1 Korelasi Parameter Tanah 37

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakteristik Campuran Tanah CH dan SC sebagai Material Timbunan untuk Peningkatan Stabilitas Disposal Area Tambang Batubara
Shofy Azzahra, Dr. Eng. Ir. Adhitya Yoga Purnama, S.T., M. Eng., IPM., ASEAN. Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.5.2 Analisis Numerik Stabilitas Timbunan Disposal Tambang 38
3.5.3 Konfigurasi Desain Perkuatan..... 38

BAB 4 HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN 39
4.1 Kondisi Tanah Eksisting 39
4.1.1 Hasil Pengujian Fisik Tanah Eksisting 40
4.1.2 Hasil Uji Pemadatan Tanah Eksisting..... 41
4.1.3 Hasil Uji CBR Tanah Eksisting 42
4.1.4 *General Statement* Tanah Eksisting 44
4.2 Analisis Desain Campuran Tanah (*Soil Mixing*)..... 45
4.2.1 Trial Campuran AD (IB EN-KE *Clay* + IB J-EN Barat *Sand*) 45
4.2.2 Trial Campuran AF (IB EN-KE *Clay* + IB J-EN Timur *Sand*)..... 47
4.2.3 Rekap *ID Test* Campuran Tanah 49
4.3 Hasil Uji Tanah Campuran..... 50
4.3.1 Hasil Pengujian Fisik Tanah Campuran..... 50
4.3.2 Hasil Uji Pemadatan Tanah Campuran 52
4.3.3 Hasil Uji CBR Tanah Campuran..... 52
4.3.4 *General Statement* Tanah Campuran 55
4.4 Analisis Numerik Stabilitas Timbunan Disposal 56
4.4.1 Penentuan Parameter Tanah..... 56
4.4.2 Beban Rencana..... 57
4.4.3 Geometri Timbunan Eksisting 60
4.4.4 Geometri Timbunan Eksisting dengan Perbaikan..... 62
4.4.5 Geometri Rekomendasi Timbunan dengan Perbaikan..... 63
4.5 Pembahasan..... 65
4.5.1 Mekanisme Ikatan antar Butiran Tanah 65
4.5.2 Pengaruh Perubahan Distribusi Ukuran Butiran Tanah 67
4.5.3 Hubungan Karakteristik Tanah terhadap Nilai CBR 70
4.5.4 Pengaruh Posisi Lapisan *Good Soil* pada Timbunan Disposal Tambang 72

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 75
5.1 Kesimpulan 75
5.2 Saran..... 76

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakteristik Campuran Tanah CH dan SC sebagai Material Timbunan untuk Peningkatan Stabilitas Disposal Area Tambang Batubara
Shofy Azzahra, Dr. Eng. Ir. Adhitya Yoga Purnama, S.T., M. Eng., IPM., ASEAN. Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR PUSTAKA 77

LAMPIRAN 82

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakteristik Campuran Tanah CH dan SC sebagai Material Timbunan untuk Peningkatan Stabilitas Disposal Area Tambang Batubara
Shofy Azzahra, Dr. Eng. Ir. Adhitya Yoga Purnama, S.T., M. Eng., IPM., ASEAN. Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan nilai faktor keamanan dan potensi kegagalan lereng..... 28
Tabel 3.1 Koordinat titik pengambilan sampel 29
Tabel 3.2 Daftar Pengujian Tanah 34
Tabel 3.3 Daftar Test ID sampel 36
Tabel 4.1 Jenis dan visual tanah eksisting 39
Tabel 4.2 Nilai properties pengujian fisis tanah eksisting 41
Tabel 4.3 Nilai OMC dan MDD tanah eksisting 42
Tabel 4.4 Nilai CBR tanah eksisting..... 42
Tabel 4.5 Persebaran butiran trial mixing AD 46
Tabel 4.6 Persebaran butiran trial mixing AF 47
Tabel 4.7 Test ID proporsi tanah campuran AF dan AD 49
Tabel 4.8 Nilai properties pengujian fisis tanah campuran AF dan AD 51
Tabel 4.9 Nilai OMC dan MDD tanah Campuran AF 52
Tabel 4.10 Nilai CBR tanah campuran AF 52
Tabel 4.11 Parameter tanah untuk analisis numerik metode FEM 2D 56
Tabel 4.12 Keterangan dimensi Heavy Duty Truck..... 58
Tabel 4.13 Data teknis desain timbunan eksisting 61
Tabel 4.14 Data teknis desain rekomendasi timbunan..... 64
Tabel 5. 1 Konsistensi tanah kohesif (Look, 2007) 82
Tabel 5. 2 Konsistensi tanah pasir (Look, 2007) 83
Tabel 5. 3 Kisaran berat satuan tanah (Look, 2007) 83
Tabel 5. 4 Nilai berat satuan tanah basah dan jenuh (Ameratunga et al., 2016)... 84
Tabel 5. 5 Rentang ɣsat nilai jenis tanah tertentu (Carter and Bentley, 1991) 84
Tabel 5. 6 Nilai tipikal c' dan φ’(Ameratunga et al., 2016) 85
Tabel 5. 7 Effective strength tanah kohesif (Look, 2007)..... 85
Tabel 5. 8 Sudut gesek tanah granular (Look, 2007) 85
Tabel 5. 9 Rentang Modulus Elastisitas (Bowles, 1984) 86
Tabel 5. 10 Korelasi nilai modulus elastisitas dengan jenis tanah (Look, 2007).. 86
Tabel 5. 11 Hubungan CBR/Modulus dengan Subgrade (Look, 2007)..... 87
Tabel 5. 12 Hubungan CBR/Modulus dengan Base Course (Look, 2007)..... 87

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakteristik Campuran Tanah CH dan SC sebagai Material Timbunan untuk Peningkatan Stabilitas Disposal Area Tambang Batubara
Shofy Azzahra, Dr. Eng. Ir. Adhitya Yoga Purnama, S.T., M. Eng., IPM., ASEAN. Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 5. 13 Hubungan antara jenis tanah dan Poisson Ratio (Bowles, 1984) 87
Tabel 5. 14 Poisson ratio tanah (Concrete Institute, 1999)..... 88
Tabel 5. 15 Nilai koefisien Permeabilitas (Das, 1990) 88
Tabel 5. 16 Nilai Koefisien Permeabilitas (k) (Look, 2007)..... 88

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakteristik Campuran Tanah CH dan SC sebagai Material Timbunan untuk Peningkatan Stabilitas Disposal Area Tambang Batubara
Shofy Azzahra, Dr. Eng. Ir. Adhitya Yoga Purnama, S.T., M. Eng., IPM., ASEAN. Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Proses Penambangan Batu Bara 1
Gambar 1.2 Proses internal dumping yang sedang berlangsung pada tambang terbuka. 2
Gambar 1.3 Kebaruan Penelitian 6
Gambar 2.1 Klasifikasi dasar pada timbunan *disposal* dan *stockpile* tambang 8
Gambar 2.2 Tipe konfigurasi timbunan *disposal* dan *stockpile* 9
Gambar 2.3 Variasi geometri timbunan disposal (a) 1 bench, (b) 2 bench, (c) 3 bench 10
Gambar 2.4 Hubungan nilai SF dan kemiringan sudut 10
Gambar 2.5 Perkuatan lereng dengan Soil Nailing 11
Gambar 2.6 Variasi penggunaan geotekstil pada timbunan 12
Gambar 2.7 *Lateral Displacement* (a) *CE embankment* (b) *HGE Embankment* ... 12
Gambar 2.8 Hubungan CIR terhadap sampel dengan dan tanpa lapisan *sandwich* pada tingkat tegangan siklik 100 kPa 13
Gambar 2.9 Metode *sandwich layering* pada timbunan disposal tambang 13
Gambar 2.10 Mekanisme Tekanan Pengembangan pada Tanah Ekspansif jenis Monmorilonite 15
Gambar 2.11 Diagram Struktur Mineral Lempung 15
Gambar 2.12 Jenis umum pasir berdasarkan bentuk partikelnya 16
Gambar 2.13 Sudut geser dalam (ϕ) direct shear manual pada pasir angular, sub-angular, sub-rounded, dan rounded. 16
Gambar 2.14 Grafik hubungan persentase bahan tambah semen slag terhadap nilai CBR 17
Gambar 2.15 Variasi nilai tekan bebas pada sampel kering udara setelah curing 7 dan 14 hari 18
Gambar 2.16 Dampak lingkungan pada beberapa indikator untuk 100 m jalan tambang 18
Gambar 2.17 Kekuatan tekan versus potensi pemanasan global berdasarkan variasi persentase penggunaan semen 19
Gambar 2.18 Perubahan struktur dalam campuran tanah pasir-lempung 20

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakteristik Campuran Tanah CH dan SC sebagai Material Timbunan untuk Peningkatan Stabilitas Disposal Area Tambang Batubara
Shofy Azzahra, Dr. Eng. Ir. Adhitya Yoga Purnama, S.T., M. Eng., IPM., ASEAN. Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 2.19 Perubahan struktur mikro dan rasio rongga dalam campuran pasir-lempung 20
Gambar 2.20 Hubungan nilai CBR dan indeks plastisitas berdasarkan mineral penysuun lempung 21
Gambar 2.21 Hubungan Kadar air-Kepadatan dalam mengindikasi peningkatan kepadatan dari penambahan air dan upaya pemadatan yang diberikan 22
Gambar 2.22 Hubungan kadar air-kepadatan kering pada pemadatan delapan tanah dengan metode pemadatan standard 23
Gambar 2.23 Signifikansi nilai Cu dan Cc dalam menentukan stabilitas internal tanah dan limit stabilitas internal Istomina 24
Gambar 2.24 Distribusi tegangan kedalam tanah 26
Gambar 3.1 Lokasi titik pengambilan sampel tanah 29
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian 32
Gambar 3.3 Skema Test ID 35
Gambar 4.1 Sampel pengujian CBR Unsoaked A.0 42
Gambar 4.2 Sampel pengujian CBR Soaked A.0 43
Gambar 4.3 Sampel pengujian CBR Unsoaked D.0 43
Gambar 4.4 Sampel pengujian CBR Soaked D.0 43
Gambar 4.5 Sampel pengujian CBR Unsoaked F.0 44
Gambar 4.6 Sampel pengujian CBR Soaked F.0 44
Gambar 4.7 Grafik persebaran butiran trial mixing AD 47
Gambar 4.8 Grafik persebaran butiran trial mixing AF 48
Gambar 4.9 Grafik persebaran butiran pada campuran AF & AD terpilih 50
Gambar 4.10 Sampel pengujian CBR Unsoaked AF-1.9 53
Gambar 4.11 Sampel pengujian CBR Soaked AF-1.9 53
Gambar 4.12 Sampel pengujian CBR Unsoaked AF-2,8 53
Gambar 4.13 Sampel pengujian CBR Soaked AF-2.8 54
Gambar 4.14 Sampel pengujian CBR Unsoaked AF-3,7 54
Gambar 4.15 Sampel pengujian CBR Soaked AF-3.7 54
Gambar 4.16 Tampak Depan Heavy Duty Truck 57
Gambar 4.17 Tampak Belakang Heavy Duty Truck 57
Gambar 4.18 Tampak Samping Heavy Duty Truck 58

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakteristik Campuran Tanah CH dan SC sebagai Material Timbunan untuk Peningkatan Stabilitas Disposal Area Tambang Batubara
Shofy Azzahra, Dr. Eng. Ir. Adhitya Yoga Purnama, S.T., M. Eng., IPM., ASEAN. Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.19 Tampak potongan atas roda HD truk 59
Gambar 4.20 Input line load pada FEM 2D 60
Gambar 4.21 Geometri timbunan disposal eksisting 61
Gambar 4.22 Bidang gelincir geometri timbunan eksisting pada ketinggian 26 m 61
Gambar 4.23 Desain geometri timbunan eksisting dengan perbaikan 62
Gambar 4.24 Bidang gelincir timbunan eksisting dengan perbaikan 63
Gambar 4.25 SF timbunan eksisting dengan perbaikan dengan single slope 33°. 63
Gambar 4.26 Geometri Rekomendasi Timbunan dengan Perbaikan 64
Gambar 4.27 Bentuk bidang gelincir pada desain rekomendasi timbunan perbaikan 65
Gambar 4.28 SF timbunan rekomendasi dengan single slope 23° 65
Gambar 4.29 Bentuk partikel lempung pada SEM 66
Gambar 4.30 Bentuk partikel pasir pada SEM 66
Gambar 4.31 Persebaran butiran pada tanah eksisting 67
Gambar 4.32 Persebaran butiran tanah AF dan AD pada trial mixing dan uji Lab. 68
Gambar 4.33 Perubahan Indeks Plastisitas tanah 69
Gambar 4.34 Perubahan nilai OMC campuran AF 70
Gambar 4.35 Perubahan nilai MDD campuran AF 70
Gambar 4.36 Nilai CBR dan swelling campuran AF 71
Gambar 4.37 Mekanisme *void filling* pada campuran lempung-pasir 72
Gambar 4.38 Mekanisme kerja penempatan safety berm dan sandwich layer pada timbunan 73

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakteristik Campuran Tanah CH dan SC sebagai Material Timbunan untuk Peningkatan Stabilitas Disposal Area Tambang Batubara
Shofy Azzahra, Dr. Eng. Ir. Adhitya Yoga Purnama, S.T., M. Eng., IPM., ASEAN. Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Sistem Klasifikasi Tanah berdasarkan USCS..... 82
Lampiran 2. Tabel Korelasi Parameter Tanah 82
Lampiran 3. DED Rekomendasi Timbunan Disposal..... 89
Lampiran 4. Data Pengujian Laboratorium..... 90

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakteristik Campuran Tanah CH dan SC sebagai Material Timbunan untuk Peningkatan Stabilitas Disposal Area Tambang Batubara
Shofy Azzahra, Dr. Eng. Ir. Adhitya Yoga Purnama, S.T., M. Eng., IPM., ASEAN. Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR NOTASI

c	:	Kohesi (kN/m2)
Cc	:	Koefisien kurva
Cu	:	Koefisien keseragaman
D_{10}	:	Ukuran gradasi butiran yang lolos saringan sebesar 10%
D_{30}	:	Ukuran gradasi butiran yang lolos saringan sebesar 30%
D_{60}	:	Ukuran gradasi butiran yang lolos saringan sebesar 60%
E	:	Modulus elastisitas (MPa)
e	:	Angka pori
Gs	:	Berat jenis
LL	:	Batas cair (%)
n	:	Porositas
PL	:	Batas plastis (%)
PI	:	Indeks plastisitas
φ	:	Sudut geser dalam (º)
SL	:	Batas susut (%)
Wn	:	Kadar air (%)
γ_{unsat}	:	Berat satuan volume tidak jenuh (kN/m3)
γ_{sat}	:	Berat satuan volume jenuh (kN/m3)