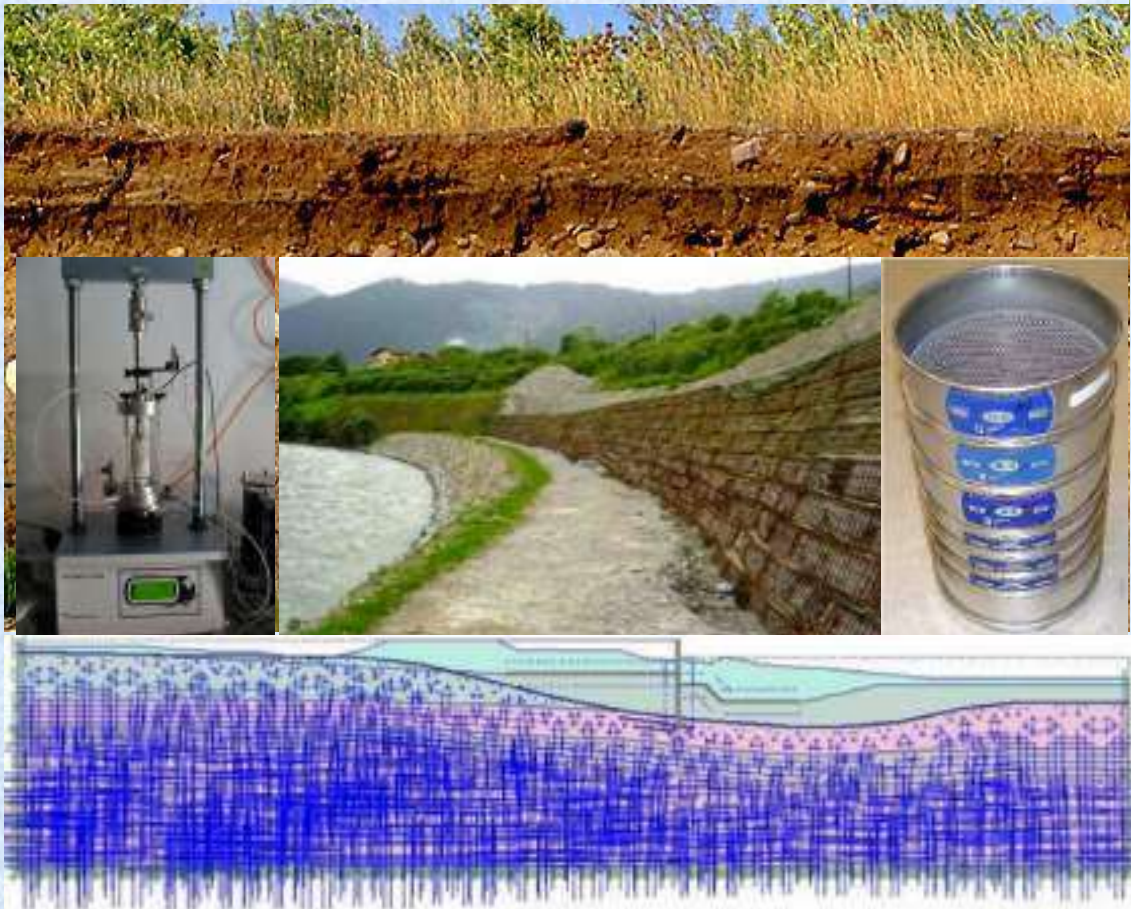


MEKANIKA TANAH

LANJUTAN



Prof. Dr. Ir. Darwis Panguriseng, M.Sc

**UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 28 TAHUN 2014
TENTANG HAK CIPTA
PASAL 113
KETENTUAN PIDANA**

- (1) Setiap orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp. 100.000.000,00 (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp. 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (3) Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp. 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah)

MEKANIKA TANAH LANJUTAN

Penulis

Prof. Dr. Ir. Darwis Panguriseng, M.Sc.

Editor

Muh. Alwi Utamaputra Darwis, ST.Arch.

2025



PENERBIT AGMA

MEKANIKA TANAH LANJUTAN

Penulis:

Prof. Dr. Ir. Darwis Panguriseng, M.Sc.

ISBN: 978-634-7063-43-4

Editor:

Muh. Alwi Utamaputra Darwis, ST.Arch.

Perancang Sampul

Muh. Alwi Utamaputra Darwis, ST.Arch.

Penata Letak:

Asmayani

Cover Source:

canva.com

IKAPI Member No: 054/SSL/2023

Diterbitkan Oleh:

AGMA

**Redaksi:**

PT. AGMA KREATIF INDONESIA
Jl. Dirgantara, Kel. Mangalli, Kec. Pallangga,
Kab. Gowa, Sulawesi Selatan. 92161
Telp: (0411) 8201421, HP/WA: 081355428007
Website: www.penerbitagma.com
Email: agma.myteam@gmail.com



Cetakan Pertama, Agustus 2025

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

All Rights Reserved

Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit.

Darwis Panguriseng (2025). *Mekanika Tanah Lanjutan*. Gowa : Penerbit Agma

389 hlm. ; 15,5 x 23 cm.



PRAKATA

Mekanika tanah pada dasarnya merupakan studi tentang karaktersitik tanah dan respon tanah dalam mendukung berbagai jenis dan bentuk bangunan. Mekanika tanah sebagai salah satu kajian penting dalam bidang teknik sipil, berkembang dengan cukup pesat seiring dengan dinamika ilmu pengetahuan yang didukung oleh perkembangan piranti teknologi yang berkembang sangat pesat dalam 3 dekade terakhir. Oleh karena luasnya ruang lingkup dari studi mekanika tanah, maka perkembangannya di dukung dari para pakar multi disiplin dan ilmu ini merupakan salah satu bidang ilmu yang bersifat inter-disipliner. Dari pesatnya perkembangan ilmu mekanika tanah ini, sehingga dalam beberapa dekade terakhir telah melahirkan beberapa sub bidang ilmu, seperti Dinamika Tanah, Perbaikan Tanah, dan Perkuatan Tanah, serta tidak menutup kemungkinan di masa mendatang bidang ilmu ini akan berkembang yang lebih luas lagi.

Dalam buku ini uraiannya merupakan kelanjutan dari materi yang telah diuraikan dalam Buku Dasar-Dasar Mekanika Tanah yang telah penulis persembahkan sebelumnya, dan isi buku ini menguraikan tentang keseimbangan elastis tanah, analisis lintasan tegangan, tegangan dan perpindahan tanah dua dimensi, penyelidikan tanah, dinamika tanah dan stabilisasi tanah. Uraian yang disajikan di dalam buku ini telah diupayakan oleh penulis untuk didiskripsikan dengan menggunakan bahasa ilmiah yang populer, agar pembaca tidak mengalami kesulitan di dalam membaca, mempelajari, bahkan dapat mengembangkannya, sesuai dengan kondisi dan kebutuhan yang pembaca hadapi. Dan besar harapan penulis kiranya kehadiran buku ini dapat menambah khasanah bacaan bagi mahasiswa maupun para praktisi (*engineer*) yang berminat dan menggemari bidang ilmu Mekanika Tanah.

Penanganan dan pemanfaatan tanah oleh manusia seyogianya dilakukan dengan cermat dan penuh kehati-hatian, karena tidak jarang penanganan dan perekrayasaan terhadap tanah yang kurang teliti akan menimbulkan malapetaka dan musibah bagi manusia itu sendiri. Bukankah tanah merupakan material pembentuk manusia? Sebagaimana firman Allah Azza Wajalla dalam Al Qur'an :

Dan di antara tanda-tanda kekuasaan-Nya ialah Dia menciptakan kamu dari tanah, kemudian tiba-tiba kamu (menjadi) manusia yang berkembang biak. (QA Ar Ruum : 20)

Akhirnya penulis menyadari bahwa “tiada gading yang tak retak, tiada penulis yang tak memiliki kekurangan dan kelemahan”, maka penulis sangat mengharapkan kritik, saran, dan masukan dari para pembaca kepada penulis, guna perbaikan uraian dalam buku ini untuk terbitan edisi-edisi berikutnya. Untuk itu sebelumnya penulis dengan penuh rasa hormat dan syukur, tak lupa menghaturkan banyak terima kasih atas siapapun yang sudi dan berkenan memberikan kritik, saran dan masukan kepada penulis.

Tak lupa pula penulis menghaturkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang mendukung dan mendorong penulis sehingga tulisan ini dapat rampung sebagaimana adanya, terutama kepada istri dan anak-anak penulis, yang dengan ikhlas menerima berkurangnya perhatian penulis kepada mereka. Namun sebagai tanda kecintaan penulis terhadap keluarga, maka buku ini menjadi persembahan penulis kepada anak-anak penulis, dengan penuh harap semoga kelak mereka mampu menjadi penulis yang lebih baik dari bapak mereka. Amin Ya Rabbul Alamin.

Makassar, 1 Agustus 2025
Penulis,

Prof. DR. IR. H. Darwis Panguriseng, M.Sc.

DAFTAR ISI

Prakata	iii
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	ix
Daftar Gambar	xi
I. KESEIMBANGAN ELASTIS DALAM MASSA TANAH	1
1.1. Pengantar dan Konvensi Tanda Tegangan	2
1.2. Persamaan Keseimbangan Statis	5
1.3. Konsep Regangan	13
1.4. Hukum Hooke	16
1.5. Regangan Bidang	17
1.6. Tegangan pada bidang miring dan tegangan utama untuk masalah regangan bidang	19
1.6.1. Konsep Tegangan Bidang	21
1.6.2. Konsep Tegangan Utama	24
1.6.3. Tegangan pada Bidang Miring	26
1.7. Regangan pada bidang miring dan regangan utama untuk masalah regangan bidang	31
1.8. Permasalahan Khusus pada Tanah Elastis yang Anisotropik	34
II. ANALISIS LINTASAN TEGANGAN	38
2.1. Konsep Dasar Analisis Tegangan	39
2.2. Diagram Lintasan Tegangan	41
2.3. Ploting Lintasan Tegangan Menggunakan Tegangan Invariant (<i>Stress Invariants</i>)	55
2.4. Ploting Lintasan Tegangan Menggunakan Parameter Tegangan Dua Dimensi	64
2.5. Prosedur Penggambaran Lintasan Tegangan.....	67

III.	TEGANGAN DAN PERPINDAHAN MASSA TANAH PADA DUA DIMENSI (2-D)	82
3.1.	Pendahuluan	83
3.2.	Beban Garis Vertikal pada Permukaan Tanah	83
3.3.	Perpindahan pada Permukaan ($z=0$)	88
3.4.	Beban Garis Vertikal pada Puncak Irisan Tak Berhingga	90
3.5.	Beban Garis Vertikal pada Permukaan Lapis Terbatas	91
3.6.	Beban Garis Vertikal di dalam Massa Semi Tak Berhingga	94
3.7.	Beban Garis Horizontal pada Permukaan ($z=0$)	96
3.8.	Beban Garis Horizontal dan Miring pada Puncak Irisan Tak Berhingga	100
3.9.	Beban Garis Horizontal di dalam Massa Semi Tak Berhingga	102
3.10.	Beban Vertikal Merata pada Strip Tak Berhingga pada Permukaan	103
3.11.	Perpindahan Vertikal pada Permukaan ($z=0$)	105
3.12.	Pembebanan Horizontal Merata pada Strip Tak Berhingga di Permukaan	114
3.13.	Beban Normal Segitiga pada Strip Tak Berhingga di Permukaan	120
IV.	PENYELIDIKAN TANAH	124
4.1.	Urgensi Penyelidikan Tanah	125
4.2.	Tujuan Penyelidikan Tanah	129
4.3.	Tahapan Penyelidikan Tanah	130
4.4.	Identifikasi Tanah di Lapangan	131
4.4.1.	Explorasi Tanah di Lapangan	133
4.4.2.	Jumlah dan Kedalaman Lubang Bor	141

4.4.3. Pengambilan Sampel Tanah	144
4.4.4. Pemeriksaan Kondisi Air Tanah	146
4.4.5. Jenis Uji Lapangan	148
4.5. Penyelidikan Tanah di Laboratorium	162
4.5.1. Pemeliharaan Sampel dan Benda Uji	162
4.5.2. Jenis Uji Laboratorium	165
4.6. Laporan Hasil Penyelidikan Tanah	168
V. PERILAKU DAN KARAKTERISTIK DINAMIS TANAH ..	177
5.1. Ruang Lingkung Ilmu Dinamika Tanah	178
5.2. Sifat dan Jenis Beban Dinamis	179
5.3. Urgensi Ilmu Dinamika Tanah	184
5.4. Gempa Bumi dan Getaran dalam Tanah	186
5.4.1. Beberapa Istilah Terkait Gempa Bumi	187
5.4.2. Besaran Gempa Bumi	192
5.4.3. Karakteristik Gerakan Batuan pada saat Gempa Bumi	195
5.4.4. Perkiraan Letak Titik Pusat Gempa Bumi	199
5.5. Fenomena Likuifaksi	205
5.5.1. Metode Identifikasi Likuifaksi	210
5.5.2. Evaluasi Potensi Likuifaksi	212
5.5.3. Beberapa Dampak Likuifaksi	225
5.5.4. Mitigasi Bencana Likuifaksi	225
VI. STABILISASI TANAH	228
6.1. Pengertian dan Jenis Stabilisasi Tanah	229
6.2. Prinsip Dasar Teknik Perbaikan Tanah	235
6.3. Tujuan dan Sasaran Perbaikan Tanah	236
6.4. Pemilihan Tipe Perbaikan Tanah	241
6.5. Metode Perbaikan Tanah	242

6.5.1. Perbaikan Tanah secara Kimiawi	242
A. Perbaikan tanah lempung dengan bahan Kapur	245
B. Perbaikan tanah lempung dengan bahan Semen	269
C. Perbaikan tanah lempung dengan bahan Larutan Kimia	297
6.5.2. Perbaikan Tanah secara Fisik	341
6.6. Prinsip Dasar Teknik Perkuatan Tanah	352
6.6.1. Perkuatan Tanah dengan Metal Strip	353
6.6.2. Perkuatan Tanah dengan Material Geosintetis	369
DAFTAR PUSTAKA	374
INDEX	381
GLOSERIUM	385

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Nilai $\sigma_z/(q/z)$, $\sigma_x/(q/z)$, dan $\tau_{xz}/(q/z)$ (Berdasarkan persamaan 3.9b, 3.10b dan 3.11b).....	87
Tabel 3.2. Nilai I_1 ($\nu = 0$)	93
Tabel 3.3. Nilai I_2 ($\nu = 0$)	93
Tabel 3.4. Nilai $\sigma_z/(q/z)$, $\sigma_x/(q/z)$, dan $\tau_{xz}/(q/z)$ (Berdasarkan persamaan 3.26, 3.27, dan 3.28)	98
Tabel 3.5. Nilai σ_z/q (Berdasarkan persamaan 3.40)	108
Tabel 3.6. Nilai σ_x/q (Berdasarkan persamaan 3.41)	111
Tabel 3.7. Nilai τ_{xz}/q (Berdasarkan persamaan 3.42)	111
Tabel 3.8. Nilai σ_z/q (Persamaan 3.46)	116
Tabel 3.9. Nilai σ_x/q (Persamaan 3.47)	117
Tabel 3.10. Nilai τ_{xz}/q (Persamaan 3.48)	118
Tabel 3.11. Nilai σ_z/q (Berdasarkan persamaan 3.52).....	121
Tabel 4.1. Warna Tanah dan Diskripsinya	131
Tabel 4.2. Keuntungan dan Kerugian Metode Eksplorasi Tanah	134
Tabel 4.3. Pedoman Jumlah Minimum Sumur Bor untuk Bangunan dan Subdivisi Berdasarkan Luas Bangunan	142
Tabel 4.4. Pedoman Jumlah Minimum Frekuensi dan Kedalaman Lubang Bor untuk Geo-Struktur Umum	143
Tabel 4.5. Faktor Koreksi untuk Panjang Batang, Jenis Sampler, Ukuran Lubang Bor, dan Energi Batang. [<i>Sumber :</i> <i>Youd et al. (2001) dan Seed et al. (2003)</i>].....	152
Tabel 4.6. Kekompakan Tanah Berbutir Kasar Berdasarkan Nilai N	154

Tabel 4.7. Ringkasan Uji Laboratorium untuk Menentukan Sifat Fisik	166
Tabel 4.8. Ringkasan Uji Mekanik Laboratorium	167
Tabel 5.1. Ringkasan Skala Intensitas Mercalli Modifikasi (MMI)	191
Tabel 5.2. Ringkasan Skala Richter untuk Kekuatan Gempa Bumi	192
Tabel 5.3. Perbandingan Besaran Skala Richter dengan Skala Mercalli Modifikasi	193
Tabel 5.4. Variasi Durasi Patahan Berdasarkan Kekuatan Gempa (Housner, 1965).....	196
Tabel 5.5. Percepatan Puncak Batuan Dasar dan Percepatan Puncak Muka Tanah untuk masing-masing Wilayah Gempa Indonesia	215
Tabel 5.6. Faktor Koreksi untuk nilai $(N_1)_{60}$, oleh (Yould & Idriss, 2001).....	216
Tabel 5.7. Potensi kerusakan menurut rentang nilai N-SPT yang dikoreksi	221
Tabel 6.1. Variasi Kadar Semen Sesuai Jenis Tanah Untuk Perkerasan Jalan (<i>Pavement Construction</i>)	271
Tabel 6.2. Hasil pengujian pada tanah-campuran	292
Tabel 6.3. Permeabilitas tanah gambut yang diperbaiki 3 hari & 7 hari	296
Tabel 6.4. Reduksi Semen Oleh Penambahan NaOH.....	300
Tabel 6.5. Reduksi Parameter Teknis Akibat NaCl pada Tanah Ekspansif (Durotoye et al., 2016)	304
Tabel 6.6. Peningkatan Parameter Teknis Akibat NaCl pada Tanah Ekspansif	305

Tabel 6.7. Perubahan Parameter Teknis Tanah	
Ekspansif + NaCl.....	306
Tabel 6.8. Tegangan Volumetrik (Swelling) &	
Kuat Tekan Bebas.....	317
Tabel 6.9. Pengaruh Asam Fosfat Terhadap Group Index	337
Tabel 6.10. Hubungan <i>Energi Penumbuk</i> dengan Peluang	
Capaian Perbaikan dengan Metode <i>Dynamic</i>	
<i>Compaction</i>	348

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Diagram Tegangan – Regangan (Ideal)	2
Gambar 1.2.	Koordinat Cartesien untuk Notasi Tegangan Normal dan Tegangan Geser	3
Gambar 1.3.	Koordinat Polar untuk Notasi Tegangan Normal dan Tegangan Geser	4
Gambar 1.4.	Koordinat Silinder untuk Notasi Tegangan Normal dan Tegangan Geser	5
Gambar 1.5.	Diskripsi Persamaan Keseimbangan	6
Gambar 1.6.	Penjabaran persamaan keseimbangan statis untuk masalah dua dimensi dalam koordinat Cartesien	9
Gambar 1.7.	Penjabaran persamaan keseimbangan statis untuk masalah dua dimensi dalam koordinat Polar	10
Gambar 1.8.	Penjabaran persamaan keseimbangan dalam koordinat Silinder	12
Gambar 1.9.	Elemen massa tanah berukuran $dx\ dy\ dz$	13
Gambar 1.10.	Rotasi sisi AB dan AC dari Elemen massa tanah	14
Gambar 1.11.	Pondasi strip: masalah regangan bidang	18
Gambar 1.12.	Diagram regangan bidang pada bidang miring..	22
Gambar 1.13.	Transformasi komponen tegangan dari sistem koordinat Polar ke koordinat Cartesien.....	23
Gambar 1.14.	Metode kutub untuk mencari tegangan pada bidang miring.....	26
Gambar 1.15.	Cara penentuan tegangan utama di suatu titik .	27
Gambar 1.16.	Lingkaran Mohr untuk penentuan tegangan.....	29
Gambar 1.17.	Regangan normal dan regangan geser pada bidang miring (kasus regangan bidang).....	31
Gambar 2.1.	Pengaruh lintasan gaya pada sistem kelereng satu dimensi.....	39

Gambar 2.2.	Lintasan Tegangan untuk Kasus σ_3 konstan dan σ_1 bertambah.....	42
Gambar 2.3.	Lintasan tegangan.....	44
Gambar 2.4.	Lintasan tegangan pada kondisi kegagalan	46
Gambar 2.5.	Hubungan garis K_f dengan selubung kegagalan Mohr	47
Gambar 2.6.	Penentuan kemiringan K_0	49
Gambar 2.7.	Penentuan σ_1 dan σ_3 pada titik di lintasan tegangan	50
Gambar 2.8.	Lintasan tegangan selama sedimentasi dan akibat pengambilan contoh benda uji, pada lempung <i>normally consolidated</i> , dengan $K_0 < 1$.	51
Gambar 2.9.	Lintasan tegangan selama pembebanan <i>drained</i> pada lempung <i>normally consolidated</i> dan pasir (Lambe, 1967).....	52
Gambar 2.10.	Lintasan tegangan selama pembebanan aksial kondisi <i>undrained</i> dari lempung <i>normally consolidated</i>	53
Gambar 2.11.	Lintasan tegangan selama kompresi aksial dari lempung <i>overconsolidated</i>	54
Gambar 2.12.	Kedudukan ESP, TSP, dan $(T-u_0)$ SP untuk lempung <i>normally consolidated</i> (Lambe, 1967)	55
Gambar 2.13.	Lintasan Tegangan	57
Gambar 2.14.	Lintasan Tegangan Efektif (ESP) dan Lintasan Tegangan Total (TSP)	61
Gambar 2.15.	Lintasan Tegangan pada Kompresi Satu Dimensi	63
Gambar 2.16.	Lintasan tegangan total (TSP) dan efektif (ESP) dalam ruang (p, q) dan (s, t)	65

Gambar 3.1.	Beban garis vertikal pada permukaan massa semi tak berhingga	83
Gambar 3.2.	Tegangan akibat beban garis vertikal dalam koordinat persegi panjang	86
Gambar 3.3.	Plot $\sigma_z/(q/z)$, $\sigma_x/(q/z)$, dan $\tau_{xz}/(q/z)$ versus x/z	88
Gambar 3.4.	Dua beban garis yang bekerja pada permukaan	89
Gambar 3.5.	Beban garis vertikal di Puncak Irisan Tak Berhingga	90
Gambar 3.6.	Beban garis vertikal pada lapisan elastis terbatas.....	91
Gambar 3.7.	Beban garis vertikal di dalam massa semi tak berhingga	95
Gambar 3.8.	Plot $\sigma_z/(q/d)$ versus x/d untuk berbagai nilai z/d	95
Gambar 3.9.	Beban garis horizontal pada permukaan massa semi tak berhingga	96
Gambar 3.10.	Plot Nilai $\sigma_z/(q/z)$, $\sigma_x/(q/z)$, dan $\tau_{xz}/(q/z)$ vs. x/z	98
Gambar 3.11.	Dua beban garis miring	99
Gambar 3.12.	Beban Garis (Horizontal & Miring).....	101
Gambar 3.13.	Beban garis horizontal di dalam massa semi tak berhingga	102
Gambar 3.14.	Beban vertikal seragam pada strip tak berhingga	103
Gambar 3.15.	Variasi σ_z/q dengan x/B dan z/B	106
Gambar 3.16.	Isobar untuk σ_z/q di bawah beban strip.....	107
Gambar 3.17.	Pembebanan horisontal merata pada strip yang tak berhingga	114
Gambar 3.18.	Peningkatan beban vertikal secara linear pada strip tak berhingga	120

Gambar 3.19.	Pembebanan meningkat secara linier	122
Gambar 4.1.	Contoh Profil tanah di lokasi konstruksi	126
Gambar 4.2.	Tipe Tabung Sampel.....	145
Gambar 4.3.	Akuifer tak tertekan, tertekan, semi-tertekan, dan akuifer mengapung; akuiklud; dan akuitar	147
Gambar 4.4.	Alat uji geser baling-baling.....	149
Gambar 4.5.	Tahap gerakan dalam uji SPT	152
Gambar 4.6.	Cone Penetrometer Test	157
Gambar 4.7.	(a) Tekanan meter Menard dan (b) tegangan dekat probe.....	158
Gambar 4.8.	Skema Cambridge Camkometer	159
Gambar 4.9.	Alat Pengujian Dilatometer.....	161
Gambar 4.10.	Alat Cetak Benda Uji (Sample Extruder)	164
Gambar 4.11.	Contoh catatan pengeboran (<i>Bor Log</i>)	169
Gambar 4.12.	Gambar gabungan profil tanah dari beberapa lubang bor.....	172
Gambar 5.1.	(a) Beban tipikal versus catatan untuk mesin putar kecepatan rendah; (b) Idealisasi sinusoidal untuk (a).....	181
Gambar 5.2.	Diagram pembebanan tipikal: (a) pembebanan transien akibat tumbukan tunggal palu; (b) komponen vertikal percepatan tanah akibat pemancangan tiang pancang.....	182
Gambar 5.3.	Akselerogram E1 Centro, California, gempa bumi 18 Mei 1940 (komponen N-S).....	182
Gambar 5.4.	Diagram skema yang menunjukkan beban pada tanah di bawah pondasi selama pengoperasian mesin.....	183

Gambar 5.5.	Definisi hiposentrum dan episentrum : (a) penampang; (b) denah	189
Gambar 5.6.	Jarak efektif dari suatu lokasi ke patahan penyebab (Catatan: L adalah panjang patahan yang terjadi).....	190
Gambar 5.7.	Periode dominan untuk Akselerasi maksimum untuk batuan (menurut Seed, Idriss, dan Kiefer, 1969).....	197
Gambar 5.8.	Variasi percepatan maksimum dengan besarnya gempa dan jarak dari patahan penyebab (menurut Seed, Idriss, dan Kiefer, 1969)	198
Gambar 5.9.	Metode Titik Berat Rambatan Getaran Gempa	199
Gambar 5.10.	Grafik Wadati <i>tp</i> adalah waktu tiba gelombang primer(<i>P</i>), dan <i>to</i> adalah waktu kejadian gempa (<i>origin time</i>), dan besarnya gradien garis miring mendekati angka 1,73	201
Gambar 5.11.	Pengaruh tekanan kontak dan tekanan air pori terhadap penurunan (Yoshimi dan Tokimatsu, 1977).....	208
Gambar 5.12.	Proses berkurangnya dan hilangnya kekuatan kontak partikel tanah.....	209
Gambar 5.13.	Korelasi (N_1) ₆₀ dengan CSR pada nilai $FC \leq 5\%$	219
Gambar 5.14.	Distribusi Ukuran Butir (<i>Grain Size Distribution</i>)	222
Gambar 5.15.	Distribusi Ukuran Butir (Jenis tanah potensial likuifaksi).....	222
Gambar 5.16.	Distribusi Ukuran Butir (zone butiran potensial likuifaksi).....	223

Gambar 6.1.	Pengaruh Mineral Tanah terhadap Prosentase Kapur (Berger, 2007).....	250
Gambar 6.2.	Pengaruh Kadar Kapur Terhadap Parameter Atterberg (Metcalf, 1959).....	251
Gambar 6.3.	Nilai Indeks Plastisitas berdasarkan Nilai Batas Cair pada campuran Tanah-Kapur (Ramesh el al., 2013)	252
Gambar 6.4.	Pengaruh Kadar Kapur Terhadap Kuat Tekan Bebas (Metcalf, 1959)	253
Gambar 6.5.	Pengaruh Umur <i>Lime-Soil</i> (5%-Kapur) Terhadap Kuat Tekan Bebas (Metcalf, 1959)	253
Gambar 6.6.	Hubungan Prosentase Kadar Kapur Dengan CBR (Warsiti, 2009).....	254
Gambar 6.7.	Pengaruh Kapur Terhadap Kepadatan Kering Pada Tanah Kaolin (Muhmed & Wanatowski, 2013)	255
Gambar 6.8.	Hubungan Regangan Vertikal dan Siklus Kembang-Susut pada Tanah-Kapur dengan Tanah Tanpa Kapur (Al-Taie et al., 2016)	256
Gambar 6.9.	Hubungan Prosentase Kadar Kapur Dengan Prosentase Swelling (Warsiti, 2009)	257
Gambar 6.10.	Pengaruh Kadar Kapur terhadap Permeabilitas Pada Tanah Laterit Merah (Galvao et al., 2004).....	261
Gambar 6.11.	Pengaruh Kadar Kapur & Umur Campuran vs Kompresibilitas (Basma & Tuncer, 2007).....	262
Gambar 6.12.	Hubungan LTCR dengan Kadar Kapur & Umur Campuran (Basma & Tuncer, 2007).....	263
Gambar 6.13.	Pengaruh Kadar Kapur terhadap Permeabilitas Tanah Saprolitik Coklat (Galvao et al., 2004)....	268

Gambar 6.14.	Pengaruh Kadar Kapur terhadap Permeabilitas Tanah Laterit Merah (Galvao et al.,2004).....	268
Gambar 6.15.	Pengaruh kadar semen terhadap Kuat Tekan Bebas pada berbagai tingkat pemadatan (Mitchell, 1976).....	276
Gambar 6.16.	Pengaruh kadar semen terhadap Kohesi pada tanah berbutir kasar & berbutir halus (Mitchell, 1976).....	277
Gambar 6.17.	Korelai Clegg vs UCS (Griffin & Tingle, 2009) ...	280
Gambar 6.18.	Korelai SSG vs UCS (Griffin & Tingle, 2009).....	280
Gambar 6.19.	Korelai FPWD vs UCS (Griffin & Tingle, 2009) ..	281
Gambar 6.20.	Korelai PSPA vs UCS (Griffin & Tingle, 2009)....	281
Gambar 6.21.	Pengaruh Kadar LS Terhadap Persen Kembang-Susut, seiring umur campuran (Alazigha et al., 2016)	287
Gambar 6.22.	Hubungan Kadar Semen dengan Kadar Air Optimum (Wojciech & Gluchowski, 2013).....	289
Gambar 6.23.	Pengaruh Semen Terhadap Sifat-sifat Optimum – Wopt & γ_{dry} (Ikhlef et al., 2016)	290
Gambar 6.24.	Grafik Kadar Semen vs Koefisien Permeabilitas (Z.A. Rahman et al., 2016)	296
Gambar 6.25.	Pengaruh Konsentrasi NaOH Terhadap Kohesi pada NaOH 1%, Umur 7 hr, Suhu 35°C & Semen 12,5% (Zangana, 2012)	301
Gambar 6.26.	Pengaruh Konsentrasi NaOH pada Sudut Geser dgn NaOH 1%, Umur 7 hr, Suhu 35°C & Semen 12,5% (Zangana, 2012)	302
Gambar 6.27.	Persen Salt versus Moisture Content (Abood & Mohamed, 2015).....	307

Gambar 6.28.	Grafik Uji Kompaksi – Optimum Water Content (Abood & Mohamed, 2015).....	308
Gambar 6.29.	Grafik UCS - Stress versus Strain (Abood & Mohamed, 2015).....	309
Gambar 6.30.	Varietas Kehilangan Kuat Tekan Bebas dengan Konsentrasi Garam pada umur 28 hari (Dingwen et al., 2013).....	311
Gambar 6.31.	Variasi Modulus Elastis dengan Konsentrasi Garam dan Kadar Semen pada umur 28 hari (Dingwen et al., 2013)	312
Gambar 6.32.	Kadar Air vs Kepadatan Pada Stabilisasi Tanah Ekspansif, Variasi % CaCl_2 (Krishna & Ramesh, 2012).....	314
Gambar 6.33.	Kuat Tekan Bebas (UCS) Pada Stabilisasi Tanah Ekspansif, Variasi % CaCl_2 & Umur (Krishna & Ramesh, 2012)	315
Gambar 6.34.	Nilai Faktor Keamanan (FOS) Pada Stabilisasi Tanah Ekspansif, Variasi Kemiringan Tanggul (Krishna & Ramesh, 2012)	316
Gambar 6.35.	Kenaikan kadar air setelah difusi dalam larutan CaCl_2 pada konsentrasi berbeda (Lajurkar et al., 2016).....	318
Gambar 6.36.	Perilaku swelling tanah selama difusi dalam larutan pada konsentrasi berbeda (Lajurkar et al., 2016).....	318
Gambar 6.37.	Peningkatan UCS tanah yang diperbaiki dengan larutan CaCl_2 pada konsentrasi berbeda (Lajurkar et al., 2016)	319
Gambar 6.38.	Variasi DFS untuk Campuran Tanah + MgCl_2 + Flyash (Radhakrishnan et al., 2014)	321

Gambar 6.39.	Variasi Potensi Pengembangan untuk Campuran Tanah + $MgCl_2$ + Flyash (Radhakrishnan et al., 2014).....	322
Gambar 6.40.	Variasi Tekanan Pengembangan untuk Campuran Tanah + $MgCl_2$ + Flyash (Radhakrishnan et al., 2014).....	322
Gambar 6.41.	Pengaruh Kadar Aluminium Klorida Terhadap UCS Gambut (Thamer et al., 2015)	325
Gambar 6.42.	Variasi Batas Cair Tanah Ekspansif dengan Persentase $AlCl_3$ & Flyash yang Berbeda (Devi & Prasad, 2016)	327
Gambar 6.43.	Variasi Batas Plastis Tanah Ekspansif dengan Persentase $AlCl_3$ & Flyash yang Berbeda (Devi & Prasad, 2016)	327
Gambar 6.44.	Variasi Indeks Plastis Tanah Ekspansif dengan Persentase $AlCl_3$ & Flyash yang Berbeda (Devi & Prasad, 2016).	328
Gambar 6.45.	Variasi Batas Susut Tanah Ekspansif dengan Persentase $AlCl_3$ & Flyash yang Berbeda (Devi & Prasad, 2016)	328
Gambar 6.46.	Variasi Nilai DFS Tanah Ekspansif dengan Persentase $AlCl_3$ & Fly Ash yang Berbeda (Devi & Prasad, 2016)	329
Gambar 6.47.	Variasi Nilai OMC Tanah Ekspansif dengan Persentase $AlCl_3$ & Flyash yang Berbeda (Devi & Prasad, 2016)	330
Gambar 6.48.	Variasi Nilai MDD Tanah Ekspansif dengan Persentase $AlCl_3$ & Flyash yang Berbeda (Devi & Prasad, 2016)	330

Gambar 6.49.	Variasi Nilai CBR Tanah Ekspansif dengan Persentase $AlCl_3$ & Flyash yang Berbeda (Devi & Prasad, 2016)	331
Gambar 6.50.	Kekuatan Tanah vs Kadar H_3PO_4 untuk Umur Campuran 5 hari (Lyons & McEwan, 1972).....	338
Gambar 6.51.	Kekuatan Tanah vs Kadar H_3PO_4 untuk Umur Campuran 30 hari (Lyons & McEwan, 1972)....	338
Gambar 6.52.	Kekuatan Tanah vs Waktu Pemeliharaan (Lyons & McEwan, 1972)	339
Gambar 6.53.	Proses Pelaksanaan <i>Compaction Grouting</i> (James D. Hussin, 2006)	347
Gambar 6.54.	Pola Tegangan dalam Tanah Perkuatan.....	354
Gambar 6.55.	Mekanisme Keruntuhan & Distribusi Tegangan	356
Gambar 6.56.	Gaya-gaya Vertikal pada Tulangan	357
Gambar 6.57.	Zona Distribusi Tegangan (X_0 dan L_0)	358
Gambar 6.58.	Distribusi Tegangan Geser pada Tulangan.....	360
Gambar 6.59.	Grafik Nilai X_0/B dan L_0/B	362
Gambar 6.60.	Grafik Nilai $I(z/B)$; $J(z/B)$ dan $M(z/B)$	362
Gambar 6.61.	Berbagai Tipe Dinding Penahan Geocomposite.....	373