

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini. Penelitian tugas akhir yang berjudul “Analisis Perkuatan Timbunan Pada Oprit Jembatan Menggunakan *Pile Embankment*” ini disusun untuk memenuhi persyaratan akademik dan syarat untuk memperoleh gelar Strata Satu (S1) Teknik Sipil di Universitas Siliwangi.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini penulis mendapatkan dukungan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua penulis yang senantiasa memberikan kasih sayang, motivasi, arahan, bimbingan dan dukungan baik secara moril, materil dan doa kepada penulis.
2. Bapak Ir. Pengki Irawan, S. TP., M. Si, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil yang memberikan arahan dan masukan kepada penulis selama perkuliahan.
3. Bapak Zakwan Gusnadi, M. T. selaku dosen wali dan dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, kritik dan saran kepada penulis selama penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. Iman Hadiman, M. T selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama penyusunan tugas akhir ini.
5. Rekan – rekan “Koncomu Ayu – Ayu” yang telah memberikan dukungan, semangat, motivasi, dan menemani penulis dalam menjalani badai perkuliahan.
6. Rekan – rekan “*Goes to S. T*” yang telah memberikan dukungan, motivasi, masukan dan pencerahan pada penulis selama penyusunan tugas akhir.
7. Triana Kharisma Lestari selaku saudara penulis yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi, dan semangat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan masih perlu dilakukan penyempurnaan dari berbagai sisi. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk kesempurnaan laporan tugas akhir ini. Akhir kata, semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca dalam mengembangkan ilmu pengetahuan.

Tasikmalaya, Oktober 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Jembatan.....	5
2.1.1 Bangunan Atas (<i>Upper Structure</i>).....	5
2.1.2 Bangunan Bawah (<i>Sub Structure</i>).....	5
2.1.3 Bangunan Pelengkap	6
2.2 Jalan	8
2.3 Tanah	8
2.4 Klasifikasi Tanah.....	9
2.4.1 Klasifikasi Tanah <i>Unified Soil Classification System</i> (USCS).....	10

2.4.2	Klasifikasi Tanah <i>American Association of Highway and Transportation Officials</i> (AASHTO)	17
2.5	Parameter tanah	20
2.5.1	Berat Jenis Tanah	20
2.5.2	Angka Pori (e_0)	21
2.5.3	Indeks Pemampatan (C_c)	21
2.5.4	Indeks Pengembangan (C_s)	23
2.5.5	Modulus Elastisitas (E)	23
2.5.6	Angka Poisson's (μ)	25
2.5.7	Koefisien Konsolidasi Arah Vertikal (C_v)	25
2.5.8	Kohesi (C_u)	26
2.5.9	Sudut Geser	26
2.5.10	Kohesi Efektif (c') dan Sudut Geser Efektif (ϕ')	27
2.5.11	Permeabilitas Tanah (K)	28
2.6	Daya Dukung	30
2.6.1	Daya Dukung Tanah	30
2.6.2	Daya Dukung Izin	31
2.7	Tegangan Dalam Tanah	32
2.7.1	Tegangan Efektif Akibat Berat Tanah	32
2.7.2	Distribusi Tegangan	34
2.8	Penurunan Tanah	35
2.8.1	Penurunan Seketika (<i>Immediate Settlement</i>)	36
2.8.2	Penurunan Konsolidasi (<i>Consolidation Settlement</i>)	38
2.8.3	Waktu Konsolidasi	41
2.8.4	Penurunan Izin	44
2.9	Stabilitas Lereng	47
2.9.1	Analisis Stabilitas Lereng Metode Elemen Hingga	50
2.10	Pembebanan	51
2.10.1	Beban Lalu Lintas	51
2.10.2	Beban Struktur	51
2.10.3	Beban Gempa	52

2.11	Metode Penanganan Timbunan Di Atas Tanah Lunak	58
2.11.1	<i>Pile Embankment</i>	59
2.12	Geosintetik	61
2.13	<i>Load Transfer Platform (LTP)</i>	63
3	METODE PENELITIAN	65
3.1	Lokasi Penelitian	65
3.2	Teknik Pengumpulan Data	66
3.2.1	Studi Literatur	66
3.2.2	Data Primer	66
3.2.3	Data Sekunder	66
3.3	Diagram Alir Penelitian	68
3.4	Analisis Data dan Pemodelan	69
3.4.1	Interpretasi Data Tanah	69
3.4.2	Analisis Kondisi Timbunan	70
3.4.3	Pemodelan <i>Software</i> FEM 2D	73
4	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	79
4.1	Interpretasi Data Tanah	79
4.1.1	Stratifikasi Tanah	79
4.1.2	Parameter Tanah Dasar	83
4.1.3	Parameter Tanah Timbunan	96
4.2	Klasifikasi Situs	97
4.3	Data Pembebanan	98
4.3.1	Beban Lalu Lintas	98
4.3.2	Beban Perkerasan	99
4.3.3	Beban Gempa	99
4.4	Analisis Timbunan Tanpa Perkuatan	100
4.4.1	Analisis Perhitungan Daya Dukung	101
4.4.2	Analisis Perhitungan Distribusi Tegangan	104
4.4.3	Analisis Perhitungan Penurunan Tanpa Perkuatan	108

4.4.4	Analisis Stabilitas Tanpa Perkuatan	120
4.5	Analisis Perkuatan Timbunan Menggunakan <i>Pile Embankment</i>	121
4.5.1	Spesifikasi Tiang Dan <i>Load Transfer Platform</i> (LTP).....	122
4.5.2	Tahapan Konstruksi Perkuatan Timbunan Menggunakan <i>Pile Embankment</i>	125
4.5.3	Analisis Penurunan Perkuatan Timbunan Menggunakan <i>Pile Embankment</i>	129
4.5.4	Analisis Stabilitas Perkuatan Timbunan Menggunakan <i>Pile Embankment</i>	130
4.5.5	Analisis Perbandingan Timbunan Oprit Jembatan Tanpa Perkuatan Dengan Perkuatan <i>Pile Embankment</i>	132
5	PENUTUP.....	134
5.1	Kesimpulan	134
5.2	Saran.....	135
	DAFTAR PUSTAKA	136
	LAMPIRAN.....	A

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Butir Tanah Berdasarkan USCS, ASTM, AASTHO, MIT, USDA	9
Tabel 2.2	Batasan Nilai <i>Plasticity Index</i>	12
Tabel 2.3	Sistem Klasifikasi <i>Unified Soil Classification System</i> (USCS).....	13
Tabel 2.4	Sistem Klasifikasi AASHTO	18
Tabel 2.5	Berat Isi Tanah (γ_n) dan Berat Isi Tanah Tersaturasi (γ_{sat})	20
Tabel 2.6	Angka Pori (e_0)	21
Tabel 2.7	Indeks Kompresi (C_c).....	22
Tabel 2.8	Modulus Elastisitas Tanah (E)	24
Tabel 2.9	Angka poisson's (μ).....	25
Tabel 2.10	Koefisien Konsolidasi Arah Vertikal (C_v).....	26
Tabel 2.11	Nilai Korelasi Sudut Geser	27
Tabel 2.12	Korelasi Nilai c' dan ϕ' dengan Jenis Tanah	27
Tabel 2.13	Korelasi Permeabilitas dengan Jenis Tanah.....	28
Tabel 2.14	Koefisien Daya Dukung Tanah.....	30
Tabel 2.15	Faktor Kedalaman	37
Tabel 2.16	Batas - Batas Penurunan Untuk Timbunan Pada Umumnya (dari Panduan Gambut Pusat Litbang Prasarana Transportasi).....	44
Tabel 2.17	Batas Penurunan Pada Timbunan Setelah Pelaksanaan Perkerasan	45
Tabel 2.18	Kegagalan Lereng.....	48
Tabel 2.19	Beban Lalu Lintas dan Beban Luar Lalu Lintas.....	51
Tabel 2.20	Berat Isi Untuk Beban Mati.....	52
Tabel 2.21	Klasifikasi Kelas Situs.....	53
Tabel 2.22	Faktor Amplifikasi Untuk PGA dan Periode 0,2 Detik (F_{PGA} dan F_a)	55
Tabel 2.23	Kriteria Faktor Keamanan Perancangan Gempa Berdasarkan Peruntukannya	56
Tabel 2.24	Diameter Tiang Tipikal.....	60
Tabel 2.25	Faktor Reduksi Untuk T_{all}	63

Tabel 3.1	Jenis Data, Sumber dan Kegunaan Data.....	66
Tabel 4.1	Stratifikasi Tanah Berdasarkan Hasil Uji CPTu	79
Tabel 4.2	Stratifikasi Tanah Berdasarkan Hasil Uji SPT	80
Tabel 4.3	Rekapitulasi Berat Isi Tanah Tersaturasi (γ_{sat}) dan Berat Isi Normal (γ)	83
Tabel 4.4	Rekapitulasi Nilai Kohesi (C_u)	84
Tabel 4.5	Rekapitulasi Sudut Geser (ϕ)	85
Tabel 4.6	Rekapitulasi Nilai Kohesi Efektif (c').....	86
Tabel 4.7	Rekapitulasi Nilai Sudut Geser Efektif (ϕ').....	87
Tabel 4.8	Rekapitulasi Angka Pori	87
Tabel 4.9	Rekapitulasi Indeks Pemampatan.....	88
Tabel 4.10	Rekapitulasi Indeks Pengembangan (C_s) dan Pemampatan Kembali (C_r).....	89
Tabel 4.11	Rekapitulasi Koefisien Konsolidasi Arah Vertikal dan Arah Horizontal	90
Tabel 4.12	Rekapitulasi Angka Poisson's	91
Tabel 4.13	Rekapitulasi Modulus Elastisitas (E).....	92
Tabel 4.14	Rekapitulasi permeabilitas Arah Horizontal (K_h)	94
Tabel 4.15	Rekapitulasi Permeabilitas Arah Vertikal	95
Tabel 4.16	Rekapitulasi Parameter Tanah Dasar	95
Tabel 4.17	Parameter Tanah Timbunan	97
Tabel 4.18	Penentuan Klasifikasi Situs	98
Tabel 4.19	Rekapitulasi Beban Perkerasan	99
Tabel 4.20	Rekapitulasi Daya Dukung Ultimit Tanah Dasar	102
Tabel 4.21	Rekapitulasi Daya Dukung Izin.....	103
Tabel 4.22	Rekapitulasi Beban Di Atas Tanah Dasar.....	103
Tabel 4.23	Rekapitulasi Daya Dukung.....	104
Tabel 4.24	Rekapitulasi Distribusi Tegangan.....	106
Tabel 4.25	Rekapitulasi Tegangan Vertikal Efektif	114
Tabel 4.26	Rekapitulasi Faktor Waktu (T_v)	116
Tabel 4.27	Rekapitulasi Waktu Konsolidasi.....	119
Tabel 4.28	Parameter Tiang Pancang	123

Tabel 4.29	Parameter <i>Pile Cap</i>	123
Tabel 4.30	Parameter Material <i>Load Transfer Platform (LTP)</i>	124
Tabel 4.31	Perbandingan Hasil Analisis	133

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Potongan Memanjang Jembatan	5
Gambar 2.2	Klasifikasi Tanah dan Simbol Berdasarkan USCS	11
Gambar 2.3	Tegangan Efektif Lapisan Tanah	32
Gambar 2.4	Tegangan Tanah Akibat Beban Timbunan	34
Gambar 2.5	Fase Penurunan Konsolidasi Tanah	38
Gambar 2.6	Grafik Angka Pori Terhadap Waktu Penambahan Beban	41
Gambar 2.7	Grafik Faktor Waktu (T_v) Terhadap Derajat Konsolidasi ($U\%$) ...	42
Gambar 2.8	Penanganan Timbunan Di Atas Tanah Lunak	59
Gambar 2.9	Ilustrasi <i>Pile Embankment</i> dengan Kombinasi Geosintetik	61
Gambar 2.10	Mekanisme Load Transfer Platform (LTP)	64
Gambar 3.1	Peta Lokasi Jembatan Up Sei Lapan	65
Gambar 3.2	Denah Lokasi Penelitian	65
Gambar 3.3	Diagram Alir Penelitian	68
Gambar 3.4	Diagram Alir Hasil Penyelidikan Tanah	70
Gambar 3.5	Diagram Alir Analisis Daya Dukung	71
Gambar 3.6	Diagram Alir Analisis Penurunan Sebelum Dilakukan Perkuatan	72
Gambar 3.7	Diagram Alir Pemodelan <i>Software FEM 2D</i>	73
Gambar 3.8	Pop Up Start New Project/Open An Existing Project	74
Gambar 3.9	Tab General Properties	74
Gambar 3.10	Input Geometri File .DXF	74
Gambar 3.11	Tampilan <i>Polygons</i> Pada File .DXF	75
Gambar 3.12	Material Set	75
Gambar 3.13	<i>General Setting</i> Material	76
Gambar 3.14	Input <i>Line Load</i> Beban Perkerasan dan Beban Lalu Lintas	76
Gambar 3.15	<i>Generate Mesh</i> Model	77
Gambar 3.16	Penentuan Muka Air Tanah (MAT)	77
Gambar 4.1	Stratifikasi Tanah Hasil Uji CPTu STA 55+381	80
Gambar 4.2	Stratifikasi Tanah Berdasarkan Hasil Uji SPT STA 33+355	81
Gambar 4.3	Rekapitulasi Stratifikasi Tanah	82
Gambar 4.4	Peta PGA 10% dalam 50 Tahun	100

Gambar 4.5	Distribusi Tanah Timbunan	104
Gambar 4.6	Grafik Distribusi Tegangan	107
Gambar 4.7	Grafik Waktu Konsolidasi	120
Gambar 4.8	Bidang Keruntuhan Lereng Timbunan Tanpa Perkuatan	121
Gambar 4.9	Geometri Pemodelan Timbunan dengan Perkuatan <i>Pile embankment</i>	122
Gambar 4.10	Pemasangan Tiang Pancang dan <i>Pile Cap</i>	125
Gambar 4.11	Pemasangan <i>Load Transfer Platform</i> (LTP) dan Geogrid	126
Gambar 4.12	Tahapan Konstruksi Timbunan 1	126
Gambar 4.13	Tahapan Konstruksi Timbunan 2	127
Gambar 4.14	Tahapan Konstruksi Timbunan 3	127
Gambar 4.15	Tahapan Konstruksi Timbunan 4	127
Gambar 4.16	Tahapan Konstruksi Timbunan 5	128
Gambar 4.17	Pemasangan Beban Perkerasan	128
Gambar 4.18	Pemasangan Beban Lalu Lintas	129
Gambar 4.19	Titik Penurunan	129
Gambar 4.20	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Perkuatan Timbunan Oprit Menggunakan <i>Pile Embankment</i>	130
Gambar 4.21	Teknik Peningkatan Stabilitas	131
Gambar 4.22	Bidang Keruntuhan Lereng Timbunan Menggunakan Perkuatan <i>Pile Embankment</i> Pada Kondisi Statik.....	131
Gambar 4.23	Bidang Keruntuhan Lereng Timbunan Menggunakan Perkuatan <i>Pile Embankment</i> Pada Kondisi Gempa	132
Gambar 4.24	Grafik Perbandingan Penurunan Terhadap Waktu Timbunan Oprit Tanpa Perkuatan Dengan Perkuatan <i>Pile Embankment</i>	133

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil Uji <i>Standard Penetration Test</i> (SPT) Bore Log BH-05.....	B
Lampiran 2	Hasil Uji <i>Cone Penetration Test with Pore Pressure Measurement</i> (CPTu).....	C
Lampiran 3	<i>Layout Struktur Underpass</i> Sungai Lengan STA 55 + 527,824.....	O
Lampiran 4	<i>Layout & Long Section Struktur Underpass</i> Jalan Sei Lengan Abutment 1 A1	P
Lampiran 5	<i>Layout & Long Section Struktur Underpass</i> Jalan Sei Lengan Abutment 2 A2	Q
Lampiran 6	Potongan Melintang Oprit Jembatan <i>Underpass</i> Sei Lengan	R
Lampiran 7	Tampak Atas Tiang Pancang	S
Lampiran 8	Brosur Geogrid.....	T
Lampiran 9	Brosur Tiang Pancang	U
Lampiran 10	Lembar Bimbingan Tugas Akhir Pembimbing I	V
Lampiran 11	Lembar Bimbingan Tugas Akhir Pembimbing II.....	X
Lampiran 12	Lembar Revisi Skripsi/Tugas Akhir Pembimbing I	AA
Lampiran 13	Lembar Revisi Skripsi/Tugas Akhir Pembimbing II.....	BB
Lampiran 14	Lembar Revisi Skripsi/Tugas Akhir Penguji I	CC
Lampiran 15	Lembar Revisi Skripsi/Tugas Akhir Penguji II	DD