

**ANALISIS PEMODELAN TEKANAN AIR PORI PADA PEKERJAAN
PREFABRICATED VERTICAL DRAIN DAN PREFABRICATED
HORIZONTAL DRAIN MENGGUNAKAN MIDAS GTS NX
(Studi Kasus: Proyek ITB Innovation Park)**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil



Oleh:

Alif Kautsar

2003577

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG**

2024

**ANALISIS PEMODELAN TEKANAN AIR PORI PADA PEKERJAAN
PREFABRICATED VERTICAL DRAIN DAN PREFABRICATED
HORIZONTAL DRAIN MENGGUNAKAN MIDAS GTS NX
(Studi Kasus: Proyek ITB Innovation Park)**

Oleh

Alif Kautsar

Sebuah Tugas Akhir yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil

© Alif Kautsar 2024

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2024

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang
Tugas Akhir ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau Sebagian
Dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN

ALIF KAUTSAR

NIM. 2003577

**ANALISIS PEMODELAN TEKANAN AIR PORI PADA PEKERJAAN
PREFABRICATED VERTICAL DRAIN DAN PREFABRICATED
HORIZONTAL DRAIN MENGGUNAKAN MIDAS GTS NX**

(Studi Kasus: Proyek ITB Innovation Park)

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing Utama

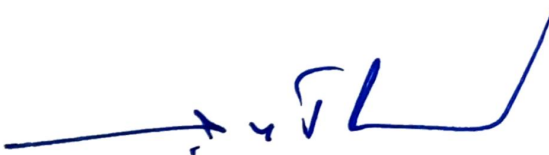


Dr. Ir. Herwan Dermawan, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng.

NIP. 19800128 200812 1001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. Juang Akbardin, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng.

NIP. 19770307 200812 1001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “**Analisis Pemodelan Tekanan Air Pori pada Pekerjaan *Prefabricated Vertical Drain* dan *Prefabricated Horizontal Drain* Menggunakan Midas GTS NX (Studi Kasus: Proyek ITB Innovation Park)**” beserta seluruh isinya merupakan karya saya sendiri dan tidak melakukan penjiplakan ataupun pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala konsekuensi apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan.

Bandung, Agustus 2024

Alif Kautsar
2003577

**ANALISIS PEMODELAN TEKANAN AIR PORI PADA PEKERJAAN
PREFABRICATED VERTICAL DRAIN DAN PREFABRICATED
HORIZONTAL DRAIN MENGGUNAKAN MIDAS GTS NX
(Studi Kasus: Proyek ITB Innovation Park)**

Alif Kautsar, Herwan Dermawan¹

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan,
Universitas Pendidikan Indonesia
E-mail: alifkautsar02@upi.edu

ABSTRAK

Keberadaan tanah lunak merupakan salah satu tantangan dalam pembangunan infrastruktur di Indonesia. Pada kasus pembangunan gedung ITB Innovation Park, keberadaan tanah lunak mendominasi hingga kedalaman 21 meter. Kondisi tersebut menyebabkan daya dukung tanah menjadi rendah dan mengakibatkan potensi terjadinya penurunan pada bangunan jika tidak diatasi. Metode perbaikan yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan timbunan pra-pembebanan dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD). Metode ini bekerja dengan cara memberikan beban kepada tanah sehingga terjadi proses konsolidasi, tekanan eksese air pori pada tanah meningkat, dan laju disipasi air pori dipercepat melalui pita PVD dan PHD. Dalam penelitian ini, akan menggunakan *software* Midas GTS NX dalam kondisi *2D axisymmetric* dan *2D plane strain* dengan model konstitutif *Mohr-Coulomb*, *Hardening Soil*, dan *Soft Soil Creep*. Hasil pemodelannya akan dibandingkan dengan dua instrumentasi lapangan yaitu piezometer dan *settlement plate*. Nantinya, akan diketahui model konstitutif yang paling mendekati kondisi aktual di lapangan. Penelitian ini akan menggunakan metode deskriptif kuantitatif serta akan dilakukan analisis regresi dan R^2 untuk pengambilan keputusan. Hasil pemodelan menunjukkan model konstitutif *Soft Soil Creep* dan *Hardening Soil* sebagai model yang paling cocok digunakan karena menghasilkan pembacaan tekanan air pori dan penurunan yang mirip dengan kondisi aktual, serta derajat konsolidasi yang paling konservatif.

Kata kunci: Tanah Lunak, Pra-pembebanan, PVD, PHD, Midas GTS NX

¹Dosen Pembimbing

**ANALYSIS OF PORE WATER PRESSURE MODELING IN
PREFABRICATED VERTICAL DRAIN AND PREFABRICATED
HORIZONTAL DRAIN WORKS USING MIDAS GTS NX
(Case Study: ITB Innovation Park Project)**

Alif Kautsar, Herwan Dermawan¹

Undergraduate Program in Civil Engineering, Faculty of Technology and
Vocational Education, Universitas Pendidikan Indonesia

E-mail: alifkautsar02@upi.edu

ABSTRACT

The existence of soft soil is one of the challenges in infrastructure development in Indonesia. In the case of the construction of the ITB Innovation Park building, the presence of soft soil dominates with a thickness of up to 21 meters. These conditions cause the bearing capacity of the soil to be low and result in the potential for settlement in the building if not fixed. The improvement method that can be used is fill preloading combined with Prefabricated Vertical Drain (PVD) and Prefabricated Horizontal Drain (PHD). This method works by giving a load to the soil so that the consolidation process occurs, the excess pore water pressure of the soil increases, and the pore water dissipation rate is accelerated through PVD and PHD bands. This study will use Midas GTS NX software in 2D axisymmetric and 2D plane strain conditions with Mohr-Coulomb constitutive models, Hardening Soil, and Soft Soil Creep. The modeling results will be compared with two field instrumentation, piezometer and settlement plate. Later, it will be known which constitutive model most closely approximates the actual conditions in the field. This study uses quantitative descriptive methods also regression analysis and R^2 for decision making. Modeling results showed Soft Soil Creep and Hardening constitutive models as the most suitable models to use because they produce pore water pressure readings and decreases similar to actual conditions, as well as the most conservative degree of consolidation.

Key Words: Soft Soil, Preloading, PVD, PHD, Midas GTS NX

¹Advisor

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa ta ala, sehingga atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis mampu menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Analisis Pemodelan Tekanan Air Pori pada Pekerjaan *Prefabricated Vertical Drain* dan *Prefabricated Horizontal Drain* Menggunakan Midas GTS NX (Studi Kasus: Proyek ITB Innovation Park)**” dengan tepat waktu.

Tugas akhir ini disusun dengan tujuan utama untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Indonesia. Selain itu, penulisan tugas akhir ini juga merupakan implementasi dari ilmu yang telah didapat selama menempuh bangku kuliah, khususnya dalam cabang keilmuan geoteknik.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan sehingga jauh dari sempurna. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar dapat lebih baik lagi dalam penyusunan tugas akhir ini. Selain itu, Penulis juga berharap agar laporan ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi para pembaca laporan ini.

Bandung, Agustus 2024

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulisan tugas akhir ini tentunya tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dukungan, serta masukan dari berbagai pihak sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Dengan penuh ketulusan dan kerendahan hati, izinkan penulisan mengucapkan terima kasih untuk:

1. Bapak Dr. Ir. Herwan Dermawan, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng sebagai Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan ilmu, bimbingan, arahan, motivasi, dan waktunya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Dr. T. Ir. Juang Akbardin, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng sebagai Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Indonesia.
3. Bapak dan Ibu penguji yang telah memberikan banyak masukan dalam penulisan tugas akhir ini.
4. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknik Sipil yang telah memberikan ilmunya selama penulis menjadi mahasiswa.
5. Staf administrasi Program Studi Teknik Sipil yang telah membantu penulis dalam kelancaran administrasi tugas akhir ini.
6. Kedua orang tua penulis yang disayang, Mamah, Ibu Lestari, dan Papah, Pak Budi Purwana, S.T., yang selalu memberikan dukungan baik materi maupun non materi sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Aki, nenek, om, dan tante yang berada di Bandung, yang telah memberikan penulis motivasi dan dukungan materi sehingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Rekan-rekan program studi Teknik Sipil A 2020 yang saling memberikan bantuan dan dorongan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Saudari Aura Putri dan Fakhira Rifqah yang telah kebersama-i dalam setiap lomba geoteknik yang diikuti hingga penyusunan tugas akhir ini.
10. Siti Roisah Solihat yang selalu ada untuk memberikan semangat kepada penulis.
11. Bapak Ir. Amir Hamzah, M.T. dari PT Ciriayasa Cipta Mandiri yang telah memberikan dukungan data sehingga tugas akhir ini dapat terlaksana.
12. Ibu Azmi Lisani Wahyu, S.T., M.T. dari PT Teknindo Geosistem Unggul yang telah memberikan dukungan data sehingga tugas akhir ini dapat terlaksana.

13. PT Midasindo Teknik Utama selaku penyedia *software* yang penulis gunakan untuk tugas akhir ini.
14. Serta seluruh pihak lain yang telah membantu dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga kebaikan yang telah diberikan dibalas dengan balasan yang berlipat ganda oleh Allah Subhanahu wa ta ala.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Rumusan Masalah	2
1.5 Tujuan Penelitian.....	2
1.6 Manfaat Penelitian.....	2
1.7 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Tanah	6
2.2.1 Tanah Lunak.....	10
2.3 Parameter Tanah	11
2.3.1 Berat Isi	11
2.3.2 Poisson's Rasio	12
2.3.3 Berat Jenis	12

2.3.4	Kohesi	13
2.3.5	Sudut Geser Dalam	14
2.3.6	Sudut Dilatasi	14
2.3.7	Modulus Elastisitas	15
2.3.8	Permeabilitas	16
2.3.9	Void Ratio.....	17
2.4	Perbaikan Tanah	19
2.4.1	Prefabricated Vertical Drain.....	20
2.4.2	Prefabricated Horizontal Drain	22
2.4.3	Preloading	23
2.5	Konsolidasi.....	24
2.5.1	Tekanan Air Pori	24
2.5.2	Konsolidasi Satu Dimensi.....	25
2.5.3	Konsolidasi Dua Dimensi	25
2.5.4	Konsolidasi Tiga Dimensi.....	26
2.5.5	Derajat Konsolidasi.....	28
2.5.6	Metode Asaoka.....	29
2.6	Parameter Konsolidasi.....	32
2.6.1	Koefisien Pemampatan.....	32
2.6.2	Koefisien Perubahan Volume	33
2.6.3	Indeks Pemampatan	33
2.6.4	Indeks Pemampatan Kembali.....	34
2.6.5	Tekanan Prakonsolidasi.....	35
2.6.6	Koefisien Konsolidasi	36
2.7	Penurunan	37
2.7.1	Penurunan Segera.....	37

2.7.2	Penurunan Konsolidasi	39
2.8	Monitoring.....	41
2.8.1	Settlement Plate.....	41
2.8.2	Piezometer.....	43
2.9	Midas GTS NX.....	44
2.9.1	Axisymmetric.....	44
2.9.2	Plane Strain	45
2.10	Model Material Tanah.....	46
2.10.1	Mohr-Coulumb.....	46
2.10.2	Hardening Soil	48
2.10.3	Soft Soil Creep	49
BAB III METODOLOGI.....		51
3.1	Lokasi Penelitian	51
3.2	Metode Penelitian.....	51
3.3	Pengumpulan Data	52
3.4	Prosedur Penelitian.....	52
3.5	Teknik Analisis Data.....	55
3.5.1	Analisis Regresi Linear Sederhana	55
3.6	Diagram Alir.....	57
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		57
4.1	Kondisi Tanah Dasar	57
4.2	Stratifikasi Tanah.....	58
4.3	Parameter Tanah	61
4.3.1	Berat Isi	61
4.3.2	Poisson's Ratio	62
4.3.3	Kohesi	63

4.3.4	Kohesi Efektif	65
4.3.5	Sudut Geser Dalam Efektif	66
4.3.6	Sudut Dilatasi	69
4.3.7	Modulus Elastisitas Tanah.....	70
4.3.8	Modulus Elastisitas Tanah Efektif.....	70
4.3.9	Void Ratio.....	71
4.3.10	Permeabilitas Tanah	74
4.3.11	Compression Indeks	74
4.3.12	Swelling Indeks.....	75
4.3.13	Creep Indeks.....	76
4.3.14	Modified Compression Indeks	77
4.3.15	Modified Swelling Indeks	79
4.3.16	Modified Creep Indeks.....	81
4.3.17	Rekapan Parameter.....	83
4.4	Parameter PVD dan PHD	85
4.5	Input Parameter Midas GTS NX.....	88
4.6	Tahapan Pemodelan.....	92
4.7	Interpretasi Pemodelan Axisymmetric	104
4.7.1	Pore Water Pressure	104
4.7.2	Penurunan.....	110
4.8	Interpretasi Pemodelan Plane Strain.....	113
4.8.1	Pore Water Pressure	113
4.8.2	Penurunan.....	119
4.9	Derajat Konsolidasi	123
4.9.1	Pemodelan Axysymmetric	126
4.9.2	Pemodelan Plane Strain.....	132

4.10	Pembahasan	138
4.10.1	Perbandingan PWP dan Penurunan.....	138
4.10.2	Perbandingan Derajat Konsolidasi.....	140
4.10.3	Diskusi	142
BAB V KESIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI.....		149
5.1	Kesimpulan.....	149
5.2	Implikasi.....	150
5.3	Rekomendasi	150
DAFTAR PUSTAKA.....		151

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fase Tanah	7
Gambar 2.2 Kriteria Penentuan Metode Perbaikan Tanah	19
Gambar 2.3 Ilustrasi Efek Pemasangan PVD	20
Gambar 2.4 Skematis PVD	21
Gambar 2.5 Pola Pemasangan PVD: (a) Pola Persegi dan (b) Pola Segitiga.....	22
Gambar 2.6 Arah Aliran Air pada PVD dan PHD.....	23
Gambar 2.7 Alur Perbaikan Tanah Menggunakan <i>preloading</i>	23
Gambar 2.8 Konsolidasi Dua Dimensi pada Drainase Vertikal	26
Gambar 2.9 Skema Konsolidasi pada Drainase Vertikal	29
Gambar 2.10 Grafik Penentuan <i>Settlement</i>	30
Gambar 2.11 Prosedur Analisis Data Monitoring Penurunan	31
Gambar 2.12 Kurva $e - p'$	32
Gambar 2.13 Indeks Pemampatan dari Kurva Pengujian	34
Gambar 2.14 Karakteristik Grafik Hubungan $e - \log p'$	35
Gambar 2.15 Menentukan Tekanan Prakonsolidasi Metode Casagrande (1936) .	36
Gambar 2.16 Diagram F_1 dan F_2 Steinbrenner (1934)	39
Gambar 2.17 Instrumentasi Perbaikan Tanah Lunak pada Pekerjaan <i>preloading</i>	41
Gambar 2.18 Detail <i>Settlement Plate</i>	42
Gambar 2.19 Contoh Grafik Pengamatan <i>Settlement Plate</i>	42
Gambar 2.20 Detail Alat Piezometer	43
Gambar 2.21 Contoh Grafik Pembacaan Piezometer	43
Gambar 2.22 Tipikal Struktur Solid <i>Axisymmetric</i>	44
Gambar 2.23 Contoh Kasus <i>Plane Strain</i> pada Pipa Dengan Beban Merata.....	45
Gambar 2.24 Hubungan Tegangan-Regangan pada Model <i>Mohr-Coulomb</i>	47
Gambar 2.25 Hubungan Tegangan dan Regangan pada Model <i>Hardening Soil</i> ...	48
Gambar 2.26 Tegangan yang Diukur p^{eq} pada Elips Dalam Bidang p-q	50
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	51
Gambar 3.2 Lokasi Pemasangan Instrumentasi Geoteknik.....	54
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian.....	57
Gambar 4.1 Lokasi Penyelidikan Tanah	57

Gambar 4.2 Stratifikasi Tanah Potongan C-C	58
Gambar 4.3 Stratifikasi Tanah BH-04.....	60
Gambar 4.4 Perbandingan Berat Isi Desain dan Laboratorium	62
Gambar 4.5 Perbandingan Kohesi Desain dan Laboratorium.....	64
Gambar 4.6 Perbandingan Kohesi Efektif Desain dan Laboratorium.....	66
Gambar 4.7 Plot Sudut Geser Dalam Efektif Desain dan Laboratorium	69
Gambar 4.8 Perbandingan <i>Void Ratio</i> Desain dan Laboratorium	73
Gambar 4.9 Plot <i>Modified Compression Index</i> Desain dan Laboratorium	78
Gambar 4.10 Perbandingan <i>Modified Swelling Index</i> Desain dan Laboratorium .	80
Gambar 4.11 Perbandingan <i>Modified Creep Index</i> Desain dan Laboratorium	82
Gambar 4.12 Penggambaran PVD dalam Midas GTS NX, (a) <i>Axisymmetric</i> ; (b) <i>Plane Strain</i>	87
Gambar 4.13 Skematik Pemodelan (a) <i>Axisymmetric</i> dan (b) <i>Plane Strain</i>	89
Gambar 4.14 Pemilihan Model Analisis	93
Gambar 4.15 Geometri Model	93
Gambar 4.16 Membuat Material Tanah	94
Gambar 4.17 Membuat Material Tanah	94
Gambar 4.18 Membuat Material Tanah	95
Gambar 4.19 Membuat Material Pengganti	95
Gambar 4.20 Membuat <i>Boundary</i> Batas	96
Gambar 4.21 Membuat <i>Boundary Draining Condition</i>	96
Gambar 4.22 Membuat <i>Boundary Non Consolidation</i>	97
Gambar 4.23 Mengaktifkan <i>Self Weight</i>	97
Gambar 4.24 Memulai <i>Stage Construction</i>	98
Gambar 4.25 <i>Stage Construction Initial</i>	98
Gambar 4.26 <i>Stage Construction</i> Konstruksi PVD + PHD	99
Gambar 4.27 <i>Stage Construction</i> Konstruksi Timbunan dan Waktu Tunggu	99
Gambar 4.28 Mengeluarkan <i>output</i>	100
Gambar 4.29 Mengeluarkan Penurunan.....	100
Gambar 4.30 Mengeluarkan Tekanan Air Pori.....	101
Gambar 4.31 Titik <i>Output Axisymmetric</i>	102
Gambar 4.32 Titik <i>Output Plane Strain</i>	103

Gambar 4.33 Hasil Pemodelan MC Kedalaman 10 m terhadap VWP02	104
Gambar 4.34 Grafik Pemodelan MC kedalaman 10 m terhadap VWP02	105
Gambar 4.35 Hasil Pemodelan MC Kedalaman 15 m terhadap VWP02	105
Gambar 4.36 Grafik Pemodelan MC kedalaman 15 m terhadap VWP02	106
Gambar 4.37 Hasil Pemodelan HS Kedalaman 10 m terhadap VWP02.....	106
Gambar 4.38 Grafik Pemodelan HS kedalaman 10 m terhadap VWP02	107
Gambar 4.39 Hasil Pemodelan HS Kedalaman 15 m terhadap VWP02.....	107
Gambar 4.40 Grafik Pemodelan HS kedalaman 15 m terhadap VWP02	108
Gambar 4.41 Hasil Pemodelan SSC Kedalaman 10 m terhadap VWP02.....	108
Gambar 4.42 Grafik Pemodelan SSC kedalaman 10 m terhadap VWP02	109
Gambar 4.43 Hasil Pemodelan SSC Kedalaman 15 m terhadap VWP02.....	109
Gambar 4.44 Grafik Pemodelan SSC kedalaman 15 m terhadap VWP02	110
Gambar 4.45 Hasil Pemodelan Penurunan MC terhadap SP02	110
Gambar 4.46 Grafik Hubungan Penurunan MC terhadap SP02	111
Gambar 4.47 Hasil Pemodelan Penurunan HS terhadap SP02	111
Gambar 4.48 Grafik Hubungan Penurunan HS terhadap SP02	112
Gambar 4.49 Hasil Pemodelan Penurunan SSC terhadap SP02	112
Gambar 4.50 Grafik Hubungan Penurunan SSC terhadap SP02	113
Gambar 4.51 Hasil Pemodelan MC PS kedalaman 10 m terhadap VWP02	114
Gambar 4.52 Grafik Pemodelan MC PS kedalaman 10 m terhadap VWP02	114
Gambar 4.53 Hasil Pemodelan MC PS kedalaman 15 m terhadap VWP02	115
Gambar 4.54 Grafik Pemodelan MC PS kedalaman 15 m terhadap VWP02	115
Gambar 4.55 Hasil Pemodelan HS PS kedalaman 10 m terhadap VWP02	116
Gambar 4.56 Grafik Pemodelan HS PS kedalaman 10 m terhadap VWP02	116
Gambar 4.57 Hasil Pemodelan HS PS kedalaman 15 m terhadap VWP02	117
Gambar 4.58 Grafik Pemodelan HS PS kedalaman 15 m terhadap VWP02	117
Gambar 4.59 Hasil Pemodelan SSC PS kedalaman 10 m terhadap VWP02	118
Gambar 4.60 Grafik Pemodelan SSC PS kedalaman 10 m terhadap VWP02	118
Gambar 4.61 Hasil Pemodelan SSC PS kedalaman 15 m terhadap VWP02	119
Gambar 4.62 Grafik Pemodelan SSC PS kedalaman 15 m terhadap VWP02	119
Gambar 4.63 Hasil Pemodelan Penurunan MC PS terhadap SP02.....	120
Gambar 4.64 Grafik Hubungan Penurunan MC PS terhadap SP02.....	120

Gambar 4.65 Hasil Pemodelan Penurunan HS PS terhadap SP02.....	121
Gambar 4.66 Grafik Hubungan Penurunan HS PS terhadap SP02.....	121
Gambar 4.67 Hasil Pemodelan Penurunan SSC PS terhadap SP02.....	122
Gambar 4.68 Grafik Hubungan Penurunan SSC PS terhadap SP02.....	122
Gambar 4.69 Plot Sn vs Sn-1 SP02.....	124
Gambar 4.70 Plot Sn vs Sn-1 MC <i>Axisymmetric</i>	126
Gambar 4.71 Plot Sn vs Sn-1 HS <i>Axisymmetric</i>	128
Gambar 4.72 Plot Sn vs Sn-1 SSC <i>Axisymmetric</i>	130
Gambar 4.73 Plot Sn vs Sn-1 MC <i>Plane Strain</i>	132
Gambar 4.74 Plot Sn vs Sn-1 HS <i>Plane Strain</i>	134
Gambar 4.75 Plot Sn vs Sn-1 SSC <i>Plane Strain</i>	136
Gambar 4.76 Grafik Perubahan Tekanan Air Pori Pemodelan <i>Axisymmetric</i> terhadap Tinggi Timbunan <i>preloading</i>	138
Gambar 4.77 Grafik Penurunan Pemodelan <i>Axisymmetric</i> terhadap Tinggi Timbunan <i>preloading</i>	138
Gambar 4.78 Grafik Perubahan Tekanan Air Pori Pemodelan <i>Plane Strain</i> terhadap Tinggi Timbunan <i>preloading</i>	139
Gambar 4.79 Grafik Penurunan Pemodelan <i>Plane Strain</i> terhadap Tinggi Timbunan <i>preloading</i>	139
Gambar 4.80 EPP Berdasarkan Hasil Studi Lain.....	143
Gambar 4.81 Perbedaan Penurunan <i>Axisymmetric</i> dan <i>Plane Strain</i>	144
Gambar 4.82 Perbedaan Penurunan <i>Axisymmetric</i> dan <i>Plane Strain</i> Berdasarkan Studi Lain	145
Gambar 4.83 Besaran Penurunan dengan <i>Soft Soil Creep</i> dari Studi Lain	146
Gambar 4.84 Bentuk Grafik MC dan HS Lebih Datar dibandingkan SSC.....	146
Gambar 4.85 Bentuk kurva penurunan Aktual vs SSC vs HS Model.....	147

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi Tanah USCS	9
Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO	10
Tabel 2.3 Tipikal Berat Isi Tanah	11
Tabel 2. 4 Tipikal <i>Poisson's Ratio</i>	12
Tabel 2.5 Tipikal Berat Jenis Tanah	12
Tabel 2.6 Korelasi N_{60} terhadap s_u pada Tanah Kohesif	13
Tabel 2.7 Korelasi N terhadap ϕ' pada Tanah Granular	14
Tabel 2.8 Nilai Tipikal Modulus Elastisitas untuk Tanah Lempung dan Pasir	15
Tabel 2.9 Nilai Tipikal Koefisien Permeabilitas	17
Tabel 2.10 Nilai Tipikal untuk Angka Pori pada Tanah Granular	17
Tabel 2.11 Nilai Tipikal untuk Angka Pori pada Tanah Kohesif.....	19
Tabel 2.12 Syarat Bahan Material PVD	21
Tabel 4.1 Titik Penyelidikan Pengeboran Teknik.....	58
Tabel 4.2 Stratifikasi Tanah BH-04.....	59
Tabel 4.3 Berat Isi Tanah.....	61
Tabel 4.4 <i>Poisson's Ratio</i>	62
Tabel 4.5 Kohesi.....	63
Tabel 4.6 Kohesi Efektif	65
Tabel 4.7 Sudut Geser Dalam Efektif	67
Tabel 4.8 Sudut Geser Dalam Efektif (Lanjutan).....	68
Tabel 4.9 Sudut Dilatasi	69
Tabel 4.10 Modulus Elastisitas Tanah.....	70
Tabel 4.11 Modulus Efektif Tanah	71
Tabel 4.12 <i>Void Ratio</i> Tanah	72
Tabel 4.13 Permeabilitas Tanah	74
Tabel 4.14 <i>Compression</i> Indeks	75
Tabel 4.15 <i>Swelling</i> Indeks	75
Tabel 4.16 <i>Creep</i> Indeks.....	76
Tabel 4.17 <i>Modified Compression</i> Index	77
Tabel 4.18 <i>Modified Swelling</i> Index.....	79

Tabel 4.19 <i>Modified Creep</i> Indeks	81
Tabel 4.20 Rekap Parameter Tanah	83
Tabel 4.21 Rekap Parameter Tanah Lanjutan 1	83
Tabel 4.22 Rekap Parameter Tanah Lanjutan 2	84
Tabel 4.23 Parameter <i>Input Mohr-Coulomb</i>	90
Tabel 4.24 Parameter <i>Input Hardening Soil</i>	90
Tabel 4.25 <i>Input Material Soft Soil Creep</i>	91
Tabel 4.26 Tahapan Pemodelan	103
Tabel 4.27 Perbandingan Derajat Konsolidasi <i>Axisymmetric</i> MC terhadap VWP02 dan SP02	140
Tabel 4.28 Perbandingan Derajat Konsolidasi <i>Axisymmetric</i> HS terhadap VWP02 dan SP02	140
Tabel 4.29 Perbandingan Derajat Konsolidasi <i>Axisymmetric</i> SSC terhadap VWP02 dan SP02	141
Tabel 4.30 Perbandingan Derajat Konsolidasi <i>Plane Strain</i> MC terhadap VWP02 dan SP02	141
Tabel 4.31 Perbandingan Derajat Konsolidasi <i>Plane Strain</i> HS terhadap VWP02 dan SP02	142
Tabel 4.32 Perbandingan Derajat Konsolidasi <i>Plane Strain</i> SSC terhadap VWP02 dan SP02	142
Tabel 4.33 Perbandingan Derajat Konsolidasi dari Metode Asaoka dan Piezometer dari Studi Lain	148

DAFTAR PUSTAKA

- Alias, R., Kasa, A., & Taha, M. R. (2014). Particle Size Effect on Shear Strength of Granular Materials in Direct Shear Test. *World Academy of Science, Engineering and Technology, Open Science Index 95, International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 8(11), 1144–1147.
- Allowenda PS., A., Priadi, E., & Aprianto. (2018). Analisa Modulus Elastisitas dalam Memprediksi Besarnya Keruntuhan Lateral Dinding Penahan Tanah pada Tanah Lunak. *JeLAST : Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 5(2).
- Ambassa, Z., & Amba, J. C. (2020). Assessment of Stiffness and Strength Parameters for the Soft Soil Model of Clays of Cameroon. *Advances in Civil Engineering*, 2020, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2020/8877367>
- Andari, S. A., & Rahayu, W. (2022). Long Term Effect Study on Soft Clay Kendal Treated by Prefabricated Vertical Drain with Vacuum. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 7(6), 1032–1038.
- Andini, C. K., Yelvi, Y., Wahyu, A. L., Sudardja, H., & Misriani, M. (2023). Penerapan Soil Preloading, PVD, dan PHD untuk Analisis Penurunan Konsolidasi Tanah. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 20(2), 179–189. <https://doi.org/10.30630/jirs.v20i2.1158>
- Arulrajah, A., & Bo, M. W. (2008). Factors Affecting Consolidation Related Prediction of Singapore Marine Clay by Observational Methods. *Geotechnical and Geological Engineering*, 26(4), 417–430. <https://doi.org/10.1007/s10706-008-9178-3>
- Asaoka, A. (1978). Observational Procedure of Settlement Prediction. *Soils and Foundations*, 18(4), 87–101. https://doi.org/10.3208/sandf1972.18.4_87
- Bhutto, A. H., Zardari, S., Bhurgri, G. S., Zardar, M. A., Bhanbhro, R., Memon, B. A., & Babar, M. M. (2019). Mohr-Coulomb and Hardening Soil Model Comparison of the Settlement of an Embankment Dam. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 9(5), 4654–4658.

- Budhu, M. (2011). *Soil Mechanics and Foundation* (3rd ed.). John Willey & Sons.
- Burns, S. E., & Mayne, P. W. (1998). *Penetrometers for Soil Permeability and Chemical Detection*. Georgia Institute of Technology.
- Cao, Q., & Hang, Y. (2021). Settlement simulation of soft clay in the subway under dynamic load based on Midas GTS NX. *E3S Web of Conferences*, 237, 03011. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123703011>
- Carrillo, N. (1942). Simple Two and Three Dimensional Case in the Theory of Consolidation of Soils. *Journal of Mathematics and Physics*, 21(1–4), 1–5. <https://doi.org/10.1002/sapm19422111>
- Castellón, J., & Ledesma, A. (2022). Small Strains in Soil Constitutive Modeling. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 29(5), 3223–3280. <https://doi.org/10.1007/s11831-021-09697-1>
- Cheng, Y. M., Law, C. W., & Liu, L. (2021). *Analysis, Design and Construction of Foundation*. CRC Press.
- Cinicoglu, O., & Abadkon, A. (2015). Dilatancy and Friction Angles Based on In Situ Soil Conditions. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 141(4).
- Craig, R. F. (1991). *Mekanika Tanah* (Ir. Y. Sianipar, Ed.; 4th ed.). Penerbit Erlangga.
- Das, B. M. (2019). *Advanced Soil Mechanics*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351215183>
- Das, B. M., & Sivakugan, N. (2019). *Principles of Foundation Engineering* (7th ed.). Cengage.
- Das, B. M., & Sobhan, K. (2014). *Principles of Geotechnical Engineering*. Cengage Learning.
- Federico, A. M., Miccoli, D., Murianni, A., & Vitone, C. (2018). An indirect determination of the specific gravity of soil solids. *Engineering Geology*, 239, 22–26. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2018.03.013>

- Gambill, D. R., Wall, W. A., Fulton, A. J., & Howard, H. R. (2016). Predicting USCS soil classification from soil property variables using Random Forest. *Journal of Terramechanics*, 65, 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2016.03.006>
- Guo, W., Xu, S., Hong, T., Hao, S., & Chen, G. (2023). Study of Structural and Compression Properties of Soft Soils in Kunming at Different Moisture Contents. *Shock and Vibration*, 2023, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2023/8618546>
- Gusnadi, Z., Rahardjo, P. P., & Lim, A. (2021). Perbandingan Perilaku Perbaikan Tanah Metode Preloading Vakum dan Preloading Timbunan dengan Elemen Hingga 2D. *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 363. <https://doi.org/10.29103/tj.v11i2.513>
- Hakro, M., Kumar, A., Almani, Z., Ali, M., Fediuk, R., Klyuev, S., Klyuev, A., Sabitov, L., & Fathi, D. (2022). Compaction Characteristics and Permeability of Expansive Shale Stabilized with Locally Produced Waste Materials. *Materials*, 15(6), 2138. <https://doi.org/10.3390/ma15062138>
- Halimah N. S., Juniarso, Sulardi, Dimiyati, Suparman, A., & Pramono, D. (2022). Perencanaan Perbaikan Tanah Lunak dengan Metode Preloading dan Prefabricated Vertical Drain di Kawasan Ancol Timur. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(2), 8700–8711.
- Hamonangan, E. K., & Syahputra, M. Y. (2023). Perbandingan Hasil Analisis Finite Element Untuk Stabilitas dan Penurunan Timbunan dengan Beberapa Soil Model di Lokasi Rencana Pembangunan Jalan Tol Subang. *Jurnal HPJI (Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia)*, 9(1), 1–8.
- Han, J. (2015). *Principles and Practice of Ground Improvement*. John Wiley & Sons.
- Hardiyatmo, H. C. (2019). *Mekanika Tanah 1* (7th ed.). Gadjah Mada University Press.

- Hardiyatmo, H. C. (2019). *Mekanika Tanah 2* (6th ed.). Gadjah Mada University Press.
- Haritha, M., & Krishnamurthy, N. R. (2023). Case study: Ground Improvement technique with Geosynthetics as reinforcement on soft ground for buildings in coastal Andhra Pradesh. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1130(1), 012001. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1130/1/012001>
- Indraratna, B., & Redana, I. W. (2000). Numerical modeling of vertical drains with smear and well resistance installed in soft clay. *Canadian Geotechnical Journal*, 37(1), 132–145. <https://doi.org/10.1139/t99-115>
- Jit, C. E. L., Nujid, M., Idrus, J., Tholibon, D. A., & Bawadi, N. F. (2021). Effectiveness of different admixtures on Atterberg limit and compaction characteristics of stabilized soil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 920(1), 012025. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/920/1/012025>
- Kadyanto, A. (2020). Tingkat Konsolidasi Penurunan Lahan Berdasarkan Metode Asaoka di Lahan Area 1B Blok J di Lokasi JIPE, Manyar, Gresik, Jawa Timur. *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 11(2), 63–72. <https://doi.org/10.34126/jlbg.v11i2.305>
- Laloui, L., & Loria, A. F. R. (2020). *Analysis and Design of Energy Geostructures*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-04166-6>
- Laskar, A., & Pal, S. K. (2017). Investigation of the Effects of Anisotropic Flow of Pore Water and Multilayered Soils on Three-Dimensional Consolidation Characteristics. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2017, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2017/8568953>
- Liu, G., Zhang, Z., Cheng, Z., Hao, G., Hao, Y., & Fu, T. (2023). Study on the permeability coefficient model of salinized frozen soil based on unfrozen water content curve. *Frontiers in Earth Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.1102748>

- Logan, Daryl. L. (2015). *A First Course in the Finite Element Method* (6th ed.). Cengage Learning.
- Look, B. (2007). *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*. Taylor & Francis.
- Ly, H.-B., Nguyen, T.-A., & Pham, B. T. (2021). Estimation of Soil Cohesion Using Machine Learning Method: A Random Forest Approach. *Advances in Civil Engineering, 2021*, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2021/8873993>
- Mitew-Czajewska, M. (2017). FEM modelling of deep excavation – parametric study, Hypoplastic Clay model verification. *MATEC Web of Conferences, 117*, 00121. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711700121>
- Montgomery, J., & Karstunen, M. (2009). Modelling Embankments with Vertical Drains - a Comparison of Numerical Methods. *Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, 1610–1613.
- Muhammed, J. J., Jayawickrama, P. W., Teferra, A., & Ozer, M. A. (2020). Settlement of a Railway Embankment on PVD-Improved Karakore Soft Alluvial Soil. *Engineering Science and Technology, an International Journal, 23*(5), 1015–1027.
- Nadeem, M., Akbar, M., Huali, P., Xiaoqing, L., Guoqiang, O., & Amin, A. (2021). Investigation of the settlement prediction in soft soil by Richards Model: based on a linear least squares-iteration method. *Archives of Civil Engineering, 491–506*. <https://doi.org/10.24425/ace.2021.137181>
- Nakase, A., Kamei, T., & Kusakabe, O. (1988). Constitutive Parameters Estimated by Plasticity Index. *Journal of Geotechnical Engineering, 114*(7), 844–858. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9410\(1988\)114:7\(844\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9410(1988)114:7(844))
- Narimani, S., Davarpanah, S. M., & Vásárhelyi, B. (2023). Estimation of the Poisson's Ratio of the Rock Mass. *Periodica Polytechnica Civil Engineering, 68*(1), 274–288. <https://doi.org/10.3311/PPci.22689>

- Nosenko, V., Nechyporenko, D., & Fadeev, O. (2023). Identification of calculated parameters of the Hardening Soil model based on laboratory soil tests. *Bases and Foundations*, 47, 61–74. <https://doi.org/10.32347/0475-1132.47.2023.61-74>
- O’Kelly, B. C. (2021). Review of Recent Developments and Understanding of Atterberg Limits Determinations. *Geotechnics*, 1(1), 59–75. <https://doi.org/10.3390/geotechnics1010004>
- Olek, B. S. (2019). Experimental evidence about misconception of Terzaghi’s 1-D consolidation theory in terms of degree of consolidation. *E3S Web of Conferences*, 106, 01013. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910601013>
- Onggara, Y. F., Tjandra, D., & Suwono, J. I. (2022). Analisa Stabilisasi Tanah Lunak dengan Campuran Portland Cement dan Fly Ash untuk Diaplikasikan pada Bangunan Rumah Tinggal 2 Lantai. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 11(2), 230–237.
- Onyelowe, K. C., Ebid, A. M., Ramani Sujatha, E., Fazel-Mojtahedi, F., Golaghaei-Darzi, A., Kontoni, D.-P. N., & Nooralddin-Othman, N. (2023). Extensive overview of soil constitutive relations and applications for geotechnical engineering problems. *Heliyon*, 9(3), e14465. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14465>
- Parmar, S. P. (2021). Triaxial Test on Soil - Important Insights for Stress-Controlled and Strain-Controlled Test. *Journal of Earthquake Science and Soil Dynamics Engineering*, 4(3), 1–16.
- Qian, X., Liu, X., Shao, Z., Shi, Y., Zhang, S., & Hong, B. (2021). Modeling of Minimum and Maximum Void Ratios of Granular Soils. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2021/5092612>
- Rahardjo, P. P., & Alvi, S. D. (2023). *Metode Elemen Hingga* (2nd ed.). Pusat Studi Geoteknik UNPAR.
- Rasti, A., Adarmanabadi, H. R., Pineda, M., & Reinikainen, J. (2021). Evaluating the Effect of Soil Particle Characterization on Internal Friction Angle.

- American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 14(1), 129–138. <https://doi.org/10.3844/ajeassp.2021.129.138>
- Rochmawati, R., Irianto, & Lau, L. M. (2020). Studi Eksperimental Penentuan Jenis Tanah Berdasarkan Distribusi Ukuran Butiran Tanah. *Journal of Portal Civil Engineering*, 3(2), 145–154.
- Rugarli, P., & Castalia. (2010). *Structural Analysis with Finite Elements*. Thomas Telford.
- Sari, U. C., Wardani, S. P. R., Suharyanto, & Partono, W. (2016). Analisis Tekanan Air Pori Menggunakan Metode Elemen Hingga dengan Pemodelan Mohr-Coulomb pada Plaxis. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 10*, 675–683.
- Sharma, V., Kumar, A., Priyadarshee, A., & Chhotu, A. K. (2019). *Prediction of Shear Strength Parameter from the Particle Size Distribution and Relative Density of Granular Soil* (pp. 185–191). https://doi.org/10.1007/978-981-13-7010-6_17
- Shi, X., Sun, J., Qi, Y., Zhu, X., Zhang, X., Liang, R., & Chen, H. (2023). Study on Stiffness Parameters of the Hardening Soil Model in Sandy Gravel Stratum. *Applied Sciences*, 13(4), 2710. <https://doi.org/10.3390/app13042710>
- Suhartati, S. T. (2019). Pembuatan Program Bantu Klasifikasi Jenis Tanah Berdasarkan Uji CPT(u) dengan Metode Robertson (1990) Menggunakan Microsoft Excel. *Prosiding Seminar Intelektual Muda*, 1(1), 2685–4996.
- Suwiryo, D. B., Nurtjahjaningtyas, I., & Putra, P. P. (2019). Penggunaan Instrumen Geoteknik untuk Analisa Balik Pekerjaan Perbaikan Tanah Lunak dengan Metode Preloading. *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil Dan Infrastruktur-II*, G41–G49.
- Tan, J. J., & Ramli, H. (2023). Effect of Standard Penetration Test Corrections on The Estimation of Undrained Shear Strength. *Journal of Civil Engineering and Management*, 29(6), 501–515. <https://doi.org/10.3846/jcem.2023.18441>

- Tanuwijaya, E., Kawanda, A., & Wijaya, D. H. (2019). Studi Korelasi Nilai Tahanan Konus Sondir Terhadap Parameter Tanah pada Proyek di Jakarta Barat. *Jurnal Mitra Teknik Sipil* (Vol. 2, Issue 4).
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics*. John Wiley&Sons.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Utami, R. P., Utami, E. T., & Hayati, J. (2022). Analisis Perbaikan Tanah Lunak Metode Preloading dan Preloading Kombinasi Prefabricated Vertical Drain (PVD) dengan Variasi Panjang PVD (Studi Kasus: Pembangunan Jalan Tol Indralaya-Prabumulih). *Journal of Infrastructure Planning, and Design*, 2(1), 19–25.
- Verdiyanti, N. E., Mukti, E. T., & Rustamaji, R. M. (2022). Hubungan Batas Cair dan Indeks Plastisitas Terhadap Nilai Kohesi Tanah pada Uji Direct Shear Tanah Lempung pada Kabupaten Mempawah. *JeLAST : Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 9(1).
- Waheed, M., & Asmael, N. (2023). Study Immediate and Consolidation Settlement of Shallow Foundations. *Civil and Environmental Engineering*, 19(1), 318–327. <https://doi.org/10.2478/cee-2023-0028>
- Wang, L., Shen, S., Li, T., Wen, M., & Zhou, A. (2023). Two-dimensional plane strain consolidation of unsaturated soils considering the depth-dependent stress. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 15(6), 1603–1614. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2022.08.011>