

PENGARUH NILAI MODULUS ELASTISITAS MATERIAL PENGGANTI TANAH DASAR TERHADAP PENURUNAN TIMBUNAN

Satria Adhiguna
NRP: 1121058

Pembimbing: Ir. Herianto Wibowo, M.Sc.

ABSTRAK

Masalah yang sering timbul pada pembangunan suatu jalan adalah penurunan tanah di bawah perkerasan jalan. Penurunan terjadi karena beban yang bekerja di atas tanah. Beban tersebut mengakibatkan tekanan air pori meningkat dan menyebabkan air yang terkandung di dalam tanah keluar melewati pori - pori tanah. Tekanan tersebut biasa disebut dengan tekanan air pori berlebih. Dengan keluarnya air dari dalam tanah, volume tanah akan berkurang, hal inilah yang menyebabkan penurunan terjadi. Untuk menanggulangi hal tersebut dilakukan upaya perbaikan tanah dengan cara mengganti tanah dasar dengan material batuan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh nilai modulus elastisitas pada material pengganti tanah dasar (batuan) terhadap besar penurunan yang terjadi pada kondisi tanah dasar yang bervariasi. Kondisi jalan yang akan dianalisis adalah jalan kabupaten dengan lebar jalan 6m, tinggi timbunan 1m dengan kemiringan 1:2, dan kedalaman penggantian tanah dasar sedalam 1m dengan kemiringan penggalian 1:2. Kondisi tanah dasar yang dianalisis adalah tanah dasar dengan nilai N-SPT 4, 8, 12, dan 16 dengan variasi modulus elastisitas batuan 40000kN/m², 50000kN/m², 60000kN/m², 70000kN/m², dan 80000kN/m². Seluruh data tersebut akan dianalisis dengan perangkat lunak Plaxis 2D.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, dibandingkan dengan penurunan tanah asli, penggantian tanah dasar dengan material batuan yang memiliki modulus elastisitas 40000kN/m² setebal 1m pada kondisi tanah dasar N-SPT 4, 8, 12, dan 16 mengakibatkan perubahan nilai penurunan sebesar 3,05%, 60,52%, 45,56%, dan 2,84%. Sedangkan pada saat nilai modulus elastisitas batuan dinaikan hingga 80000kN/m², penurunan yang terjadi pada kondisi tanah dasar N-SPT 4, 8, 12, dan 16 mengalami perubahan nilai penurunan sebesar 2,83%, 60,08%, 45,83%, dan 3,62%. Dalam analisis ini perubahan nilai modulus elastisitas memiliki pengaruh yang kecil terhadap penurunan yang terjadi di seluruh kondisi tanah dasar.

Kata Kunci: Jalan; Timbunan; Tekanan air pori berlebih; Penurunan; Modulus Elastisitas; Plaxis

MODULUS ELASTICITY VALUE OF SUBGRADE REPLACEMENT MATERIAL EFFECT ON EMBANKMENT SETTLEMENT

Satria Adhiguna
NRP: 1121058

Supervisor: Ir. Herianto Wibowo, M.Sc.

ABSTRACT

The common issue that often arise on road construction are settlement under the road pavement. The settlement occurred because of the load that worked on the ground. The working load resulting the increase of pore pressure and causing water contained in the soil to go out through the soil pores. The pressure is usually called the excess pore pressure. With the release of water from the soil, the soil volume will be reduced, this is the main cause of settlement that occurred. To prevent the settlement to happened, soil improvement is done by replacing the subgrade with rock.

The purpose of this study was to determine modulus elasticity value of subgrade replacement material effect on settlement that occurred on variety of subgrade condition. Road conditions that will be analyzed is the county road with 6m width, 1m embankment height with a slope of 1:2, and 1m in depth of soil replacement with an excavation slope of 1:2. Subgrade condition that will be analyzed is subgrade with N-SPT value of 4, 8, 12, and 16 with a variety of the modulus of elasticity value 40000kN/m², 50000kN/m², 60000kN/m², 70000kN/m², and 80000kN/m². All data will be analyzed with Plaxis 2D software.

From the analysis that has been carried out, compared to settlement that occurred on original soil condition, the replacement of subgrade with rock material that has a modulus of elasticity 40000kN/m² with 1m thickness on subgrade condition of N-SPT 4, 8, 12, and 16 lead to changes in settlement by 3.05%, 60.52%, 45.56%, and 2.84%. Meanwhile when the elastic moduli of rock increased up to 80000kN/m², the changes in the settlement value that occurred on subgrade condition of N-SPT 4, 8, 12, and 16 lead to changes in settlement by 2.83%, 60.08%, 45.83%, and 3.62%. In this analysis change in the modulus of elasticity has a little effect on the settlement on all soil condition.

Keywords: Road; Embankment; Excess Pore Pressure; Settlement; Modulus of Elasticity; Plaxis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN.....	iii
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN.....	iv
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR	v
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xxi
DAFTAR NOTASI.....	xxiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	1
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.4 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II STUDI LITERATUR.....	4
2.1 Jalan.....	4
2.1.1 Klasifikasi Jalan	4
2.1.1.1 Klasifikasi Berdasarkan Fungsi Jalan	5
2.1.1.2 Klasifikasi Berdasarkan Administrasi Pemerintahan.....	5
2.1.1.3 Klasifikasi Berdasarkan Beban Muatan Sumbu.....	6
2.1.2 Tipe Jalan	7
2.1.3 Dimensi Jalan.....	7
2.2 Konsep Tegangan.....	8
2.2.1 Tegangan Efektif.....	8
2.2.2 Tekanan Air Pori.....	9
2.2.3 Tegangan Total.....	9
2.3 Tegangan Akibat Beban Trapesium.....	10
2.4 Kemampumampatan Tanah	11
2.4.1 Penurunan Seketika (<i>Immediate Settlement</i>).....	12
2.4.2 Penurunan Konsolidasi (<i>Consolidation Settlement</i>)	13
2.4.2.1 Uji Konsolidasi Satu Dimensi	14
2.4.2.2 Hubungan Angka Pori-Tekanan.....	16
2.4.2.3 Lempung yang Terkonsolidasi Normal dan Terlalu Terkonsolidasi.....	17
2.4.2.4 Analisis Penurunan Konsolidasi Primer Satu Dimensi	21
2.4.2.5 Indeks Pemampatan (<i>Compression Index C_c</i>).....	22
2.4.2.6 Indek Pemuaiian (<i>Swell Index, C_s</i>).....	23

2.4.3 Penurunan Sekunder (<i>Secondary Consolidation</i>)	23
2.5 Modulus Elastisitas	25
2.6 Pemodelan Tanah Dalam <i>Software Plaxis</i>	26
2.6.1 <i>Mohr – Coloumb Model (MC)</i>	26
2.6.2 <i>Jointed Rock Model (JR)</i>	26
2.6.3 <i>Hardening-Soil Model (HS)</i>	27
2.6.4 <i>Soft-Soil-Creep Model (SSC)</i>	27
2.6.5 <i>Soft Soil Model (SS)</i>	27
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Diagram Penelitian.....	28
3.2 Data Tanah	29
3.2.1 Tanah Lempung	29
3.2.2 Data Batuan Pengganti Tanah Asli	31
3.2.3 Data Tanah yang Digunakan dalam Program <i>Plaxis</i>	33
3.3 Perhitungan Distribusi Beban Akibat Timbunan dan Beban Lalu Lintas Menurut Teori Boussinesq	34
3.4 <i>Software Plaxis</i>	36
3.4.1 Pemodelan Geometri.....	36
3.4.2 <i>Input Material</i>	38
3.4.3 <i>Mesh Generation</i>	40
3.4.4 Penentuan <i>Initial Condition</i>	41
3.4.5 Penentuan Langkah Perhitungan.....	42
3.4.6 Perhitungan Menggunakan Program <i>Plaxis</i>	47
BAB IV PENYAJIAN DAN ANALISIS DATA	48
4.1 Penurunan Konsolidasi menurut <i>Software Plaxis</i>	48
4.1.1 Penurunan Konsolidasi <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 Tanpa Penggantian Tanah.....	48
4.1.2 Penurunan Konsolidasi <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 Dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	51
4.1.3 Penurunan Konsolidasi <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 Dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	54
4.1.4 Penurunan Konsolidasi <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 Dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	57
4.1.5 Penurunan Konsolidasi <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 Dengan Penggantian Tanah $E = 70000\text{kN/m}^2$	60
4.1.6 Penurunan Konsolidasi <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 Dengan Penggantian Tanah $E = 80000\text{kN/m}^2$	63
4.1.7 Penurunan Konsolidasi <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 Tanpa Penggantian Tanah	66
4.1.8 Penurunan Konsolidasi <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 Dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	69
4.1.9 Penurunan Konsolidasi <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 Dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	72
4.1.10 Penurunan Konsolidasi <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 Dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	75
4.1.11 Penurunan Konsolidasi <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 Dengan Penggantian Tanah $E = 70000\text{kN/m}^2$	78

4.1.12	Penurunan Konsolidasi <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 Dengan Penggantian Tanah E = 80000kN/m ²	81
4.1.13	Penurunan Konsolidasi <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 Tanpa Penggantian Tanah	84
4.1.14	Penurunan Konsolidasi <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 Dengan Penggantian Tanah E = 40000kN/m ²	87
4.1.15	Penurunan Konsolidasi <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 Dengan Penggantian Tanah E = 50000kN/m ²	90
4.1.16	Penurunan Konsolidasi <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 Dengan Penggantian Tanah E = 60000kN/m ²	93
4.1.17	Penurunan Konsolidasi <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 Dengan Penggantian Tanah E = 70000kN/m ²	96
4.1.18	Penurunan Konsolidasi <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 Dengan Penggantian Tanah E = 80000kN/m ²	99
4.1.19	Penurunan Konsolidasi <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 Tanpa Penggantian Tanah	102
4.1.20	Penurunan Konsolidasi <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 Dengan Penggantian Tanah E = 40000kN/m ²	105
4.1.21	Penurunan Konsolidasi <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 Dengan Penggantian Tanah E = 50000kN/m ²	108
4.1.22	Penurunan Konsolidasi <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 Dengan Penggantian Tanah E = 60000kN/m ²	111
4.1.23	Penurunan Konsolidasi <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 Dengan Penggantian Tanah E = 70000kN/m ²	114
4.1.24	Penurunan Konsolidasi <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 Dengan Penggantian Tanah E = 80000kN/m ²	117
4.2	Pengaruh Modulus Elastisitas Terhadap Penurunan	120
4.2.1	Penurunan Pada Tanah Dasar <i>Soft Clay</i> N-SPT 4.....	120
4.2.2	Penurunan Pada Tanah Dasar <i>Medium Clay</i> N-SPT 8.....	122
4.2.3	Penurunan Pada Tanah Dasar <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12	123
4.2.4	Penurunan Pada Tanah Dasar <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16	125
4.3	Pengaruh Nilai N-SPT Tanah Dasar Terhadap Penurunan	126
4.3.1	Penurunan Pada Kondisi Tanah Dasar Asli	127
4.3.2	Penurunan Pada Penggantian <i>Subgrade</i> Dengan Modulus Elastisitas 40000kN/m ²	128
4.3.3	Penurunan Pada Penggantian <i>Subgrade</i> Dengan Modulus Elastisitas 50000kN/m ²	129
4.3.4	Penurunan Pada Penggantian <i>Subgrade</i> Dengan Modulus Elastisitas 60000kN/m ²	131
4.3.5	Penurunan Pada Penggantian <i>Subgrade</i> Dengan Modulus Elastisitas 70000kN/m ²	132
4.3.6	Penurunan Pada Penggantian <i>Subgrade</i> Dengan Modulus Elastisitas 80000kN/m ²	134
BAB V	SIMPULAN DAN SARAN	136
5.1	Simpulan	136
5.2	Saran.....	137
DAFTAR	PUSTAKA	138
LAMPIRAN	139

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Ruang Lingkup Penelitian.....	3
Gambar 2.1	Percobaan Tegangan Efektif	9
Gambar 2.2	Tegangan Akibat Beban Trapesium.....	10
Gambar 2.3	Nilai Faktor Pengaruh Akibat Beban Trapesium.....	11
Gambar 2.4	Konsolidometer	14
Gambar 2.5	Kurva Hubungan Waktu dan Pemampatan	15
Gambar 2.6	Perubahan Tinggi Contoh Tanah	16
Gambar 2.7	Kurva e log P	18
Gambar 2.8	Kurva e log P Akibat <i>Loading</i> dan <i>Unloading</i>	19
Gambar 2.9	Karakteristik Konsolidasi Lempung yang Terkonsolidasi Secara Normal (<i>Normally Consolidated</i>).....	20
Gambar 2.10	Karakteristik Konsolidasi Lempung yang Terlalu Terkonsolidasi (<i>Overconsolidated</i>).....	20
Gambar 2.11	Penurunan yang Disebabkan oleh Konsolidasi Satu Dimensi	21
Gambar 2.12	Variasi e vs log t untuk Suatu Penambahan Beban dan Definisi Indeks Konsolidasi Sekunder	24
Gambar 2.13	Kurva Tegangan vs Regangan	25
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.2	Sketsa Kondisi Tanah Asli dan Timbunan.....	34
Gambar 3.3	Pengaruh Kedalaman Terhadap Distribusi Beban	36
Gambar 3.4	Jendela Pengaturan Umum.....	37
Gambar 3.5	Jendela Pengaturan Dimensi	37
Gambar 3.6	Hasil Pemodelan Kasus Timbunan	38
Gambar 3.7	Jendela Daftar Material.....	38
Gambar 3.8	Jendela Material	39
Gambar 3.9	Jendela Daftar Material Setelah Selesai Diisi	39
Gambar 3.10	Pemodelan Timbunan Setelah Diisi oleh Material.....	40
Gambar 3.11	Jendela Hasil <i>Mesh Generation</i>	40
Gambar 3.12	Jendela <i>Initial Condition</i>	41
Gambar 3.13	Jendela <i>Active Pore Pressure</i>	41
Gambar 3.14	Jendela <i>Calculation</i>	42
Gambar 3.15	Proses Penggalan.....	42
Gambar 3.16	Proses Penggantian Material Tanah Dasar.....	43
Gambar 3.17	Jendela Perhitungan Konsolidasi	43
Gambar 3.18	Proses Penimbunan	44
Gambar 3.19	Jendela Perhitungan Konsolidasi	44
Gambar 3.20	Aktivasi Beban	45
Gambar 3.21	Jendela Perhitungan Konsolidasi	45
Gambar 3.22	Jendela Perhitungan <i>Safety Factor</i>	46
Gambar 3.23	Jendela Penentuan Titik Tinjau	46
Gambar 3.24	Jendela Perhitungan <i>Final</i>	47
Gambar 3.25	Proses Perhitungan Program Plaxis	47

Gambar 4.1	Penurunan pada <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 Tanpa Penggantian Tanah.....	48
Gambar 4.2	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 Tanpa Penggantian Tanah	49
Gambar 4.3	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 Tanpa Penggantian Tanah	50
Gambar 4.4	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 Tanpa Penggantian Tanah.....	50
Gambar 4.5	Penurunan pada <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	51
Gambar 4.6	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	52
Gambar 4.7	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	53
Gambar 4.8	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	53
Gambar 4.9	Penurunan pada <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	54
Gambar 4.10	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	55
Gambar 4.11	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E=50000\text{kN/m}^2$	56
Gambar 4.12	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	56
Gambar 4.13	Penurunan pada <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	57
Gambar 4.14	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	58
Gambar 4.15	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E =60000\text{kN/m}^2$	59
Gambar 4.16	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	59
Gambar 4.17	Penurunan pada <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 70000\text{kN/m}^2$	60
Gambar 4.18	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 70000\text{kN/m}^2$	61
Gambar 4.19	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E=70000\text{kN/m}^2$	62
Gambar 4.20	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 70000\text{kN/m}^2$	62
Gambar 4.21	Penurunan pada <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 80000\text{kN/m}^2$	63
Gambar 4.22	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 80000\text{kN/m}^2$	64
Gambar 4.23	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E=80000\text{kN/m}^2$	65

Gambar 4.24	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 80000\text{kN/m}^2$	65
Gambar 4.25	Penurunan pada <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 Tanpa Penggantian Tanah	66
Gambar 4.26	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 Tanpa Penggantian Tanah	67
Gambar 4.27	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 Tanpa Penggantian Tanah	68
Gambar 4.28	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 Tanpa Penggantian Tanah	68
Gambar 4.29	Penurunan pada <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	69
Gambar 4.30	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	70
Gambar 4.31	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	71
Gambar 4.32	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	71
Gambar 4.33	Penurunan pada <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	72
Gambar 4.34	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	73
Gambar 4.35	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	74
Gambar 4.36	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	74
Gambar 4.37	Penurunan pada <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	75
Gambar 4.38	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	76
Gambar 4.39	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	77
Gambar 4.40	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	77
Gambar 4.41	Penurunan pada <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 70000\text{kN/m}^2$	78
Gambar 4.42	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 70000\text{kN/m}^2$	79
Gambar 4.43	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 70000\text{kN/m}^2$	80

Gambar 4.44	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 70000\text{kN/m}^2$	80
Gambar 4.45	Penurunan pada <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 80000\text{kN/m}^2$	81
Gambar 4.46	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 80000\text{kN/m}^2$	82
Gambar 4.47	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 80000\text{kN/m}^2$	83
Gambar 4.48	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 80000\text{kN/m}^2$	83
Gambar 4.49	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 Tanpa Penggantian Tanah	84
Gambar 4.50	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 Tanpa Penggantian Tanah	85
Gambar 4.51	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 Tanpa Penggantian Tanah	86
Gambar 4.52	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 Tanpa Penggantian Tanah	86
Gambar 4.53	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	87
Gambar 4.54	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	88
Gambar 4.55	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	89
Gambar 4.56	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	89
Gambar 4.57	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	90
Gambar 4.58	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	91
Gambar 4.59	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	92
Gambar 4.60	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	92
Gambar 4.61	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	93
Gambar 4.62	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	94

Gambar 4.63	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	95
Gambar 4.64	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	95
Gambar 4.65	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 70000\text{kN/m}^2$	96
Gambar 4.66	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 70000\text{kN/m}^2$	97
Gambar 4.67	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 70000\text{kN/m}^2$	98
Gambar 4.68	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 70000\text{kN/m}^2$	98
Gambar 4.69	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 80000\text{kN/m}^2$	99
Gambar 4.70	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 80000\text{kN/m}^2$	100
Gambar 4.71	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 80000\text{kN/m}^2$	101
Gambar 4.72	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 80000\text{kN/m}^2$	101
Gambar 4.73	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 Tanpa Penggantian Tanah.....	102
Gambar 4.74	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 Tanpa Penggantian Tanah.....	103
Gambar 4.75	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 Tanpa Penggantian Tanah.....	104
Gambar 4.76	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 Tanpa Penggantian Tanah.....	104
Gambar 4.77	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	105
Gambar 4.78	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	106
Gambar 4.79	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	107
Gambar 4.80	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	107
Gambar 4.81	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	108
Gambar 4.82	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	109

Gambar 4.83	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	110
Gambar 4.84	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	110
Gambar 4.85	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	111
Gambar 4.86	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	112
Gambar 4.87	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	113
Gambar 4.88	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	113
Gambar 4.89	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 70000\text{kN/m}^2$	114
Gambar 4.90	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 70000\text{kN/m}^2$	115
Gambar 4.91	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 70000\text{kN/m}^2$	116
Gambar 4.92	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 70000\text{kN/m}^2$	116
Gambar 4.93	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 80000\text{kN/m}^2$	117
Gambar 4.94	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Timbunan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 80000\text{kN/m}^2$	118
Gambar 4.95	Tekanan Air Pori Ekses Akibat Beban Jalan pada Tanah <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 80000\text{kN/m}^2$	119
Gambar 4.96	Kurva Tekanan Air Pori Ekses vs Waktu <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah $E = 80000\text{kN/m}^2$	119
Gambar 4.97	Kurva Hubungan Penurunan dan Modulus Elastisitas <i>Soft Clay</i> N-SPT 4.....	121
Gambar 4.98	Kurva Hubungan Penurunan dan Modulus Elastisitas <i>Medium Clay</i> N-SPT 8.....	122
Gambar 4.99	Kurva Hubungan Penurunan dan Modulus Elastisitas <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12.....	124
Gambar 4.100	Kurva Hubungan Penurunan dan Modulus Elastisitas <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16.....	126
Gambar 4.101	Kurva Hubungan Penurunan dan Nilai N-SPT pada Kondisi Tanah Dasar Asli.....	127

Gambar 4.102 Kurva Hubungan Penurunan dan Nilai N-SPT pada Kondisi <i>Subgrade</i> dengan $E = 40000\text{kN/m}^2$	129
Gambar 4.103 Kurva Hubungan Penurunan dan Nilai N-SPT pada Kondisi <i>Subgrade</i> dengan $E = 50000\text{kN/m}^2$	130
Gambar 4.104 Kurva Hubungan Penurunan dan Nilai N-SPT pada Kondisi <i>Subgrade</i> dengan $E = 60000\text{kN/m}^2$	132
Gambar 4.105 Kurva Hubungan Penurunan dan Nilai N-SPT pada Kondisi <i>Subgrade</i> dengan $E = 70000\text{kN/m}^2$	133
Gambar 4.106 Kurva Hubungan Penurunan dan Nilai N-SPT pada Kondisi <i>Subgrade</i> dengan $E = 80000\text{kN/m}^2$	135



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penetapan Lebar Lajur dan Jalur Jalan	8
Tabel 2.2	Faktor Pengaruh.....	13
Tabel 2.3	Hubungan Indeks Pemampatan, C_c	22
Tabel 2.4	Pemampatan dan Pemuai Tanah Asli	23
Tabel 3.1	Parameter Umum Tanah Lempung.....	30
Tabel 3.2	Nilai Koefisien Rembesan	30
Tabel 3.3	Nilai Poisson <i>Ratio</i>	31
Tabel 3.4	Index Properties Batuan.....	32
Tabel 3.5	Berat Volume Tanah dan Batuan.....	32
Tabel 3.6	Data Tanah Lempung	33
Tabel 3.7	Data Tanah Pengganti.....	34
Tabel 3.8	Hasil Perhitungan Δ_p	35
Tabel 4.1	Penurunan pada <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 tanpa Penggantian Tanah	49
Tabel 4.2	Penurunan pada <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	52
Tabel 4.3	Penurunan pada <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	55
Tabel 4.4	Penurunan pada <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	58
Tabel 4.5	Penurunan pada <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 70000\text{kN/m}^2$	61
Tabel 4.6	Penurunan pada <i>Soft Clay</i> N-SPT 4 dengan Penggantian Tanah $E = 80000\text{kN/m}^2$	64
Tabel 4.7	Penurunan pada <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 tanpa Penggantian Tanah	67
Tabel 4.8	Penurunan pada <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	70
Tabel 4.9	Penurunan pada <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	73
Tabel 4.10	Penurunan pada <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	76
Tabel 4.11	Penurunan pada <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 70000\text{kN/m}^2$	79
Tabel 4.12	Penurunan pada <i>Medium Clay</i> N-SPT 8 dengan Penggantian Tanah $E = 80000\text{kN/m}^2$	82
Tabel 4.13	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 tanpa Penggantian Tanah	85
Tabel 4.14	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 40000\text{kN/m}^2$	88
Tabel 4.15	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 50000\text{kN/m}^2$	91
Tabel 4.16	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah $E = 60000\text{kN/m}^2$	94

Tabel 4.17	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah E = 70000kN/m ²	97
Tabel 4.18	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12 dengan Penggantian Tanah E = 80000kN/m ²	100
Tabel 4.19	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 tanpa Penggantian Tanah	103
Tabel 4.20	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah E = 40000kN/m ²	106
Tabel 4.21	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah E = 50000kN/m ²	109
Tabel 4.22	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah E = 60000kN/m ²	112
Tabel 4.23	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah E = 70000kN/m ²	115
Tabel 4.24	Penurunan pada <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16 dengan Penggantian Tanah E = 80000kN/m ²	118
Tabel 4.25	Nilai Penurunan <i>Soft Clay</i> N-SPT 4	120
Tabel 4.26	Nilai Penurunan <i>Medium Clay</i> N-SPT 8	122
Tabel 4.27	Nilai Penurunan <i>Stiff Clay</i> N-SPT 12	123
Tabel 4.28	Nilai Penurunan <i>Stiff Clay</i> N-SPT 16	125
Tabel 4.29	Nilai Penurunan pada Kondisi Tanah Dasar Asli	127
Tabel 4.30	Nilai Penurunan pada Kondisi <i>Subgrade</i> dengan Modulus Elastisitas 40000kN/m ²	128
Tabel 4.31	Nilai Penurunan pada Kondisi <i>Subgrade</i> dengan Modulus Elastisitas 50000kN/m ²	130
Tabel 4.32	Nilai Penurunan pada Kondisi <i>Subgrade</i> dengan Modulus Elastisitas 60000kN/m ²	131
Tabel 4.33	Nilai Penurunan pada Kondisi <i>Subgrade</i> dengan Modulus Elastisitas 70000kN/m ²	133
Tabel 4.34	Nilai Penurunan pada Kondisi <i>Subgrade</i> dengan Modulus Elastisitas 80000kN/m ²	134

DAFTAR NOTASI

Δe_1	Perubahan angka pori
Δp	Penambahan tekanan akibat beban luar
A	Luas penampang contoh tanah
B	Lebar fondasi
C	kohesi
C_c	Indeks pemampatan
C_s	Indeks pemuai
C_α	Indeks pemampatan sekunder
E	Modulus elastisitas
e_0	Angka pori awal
e_1, e_2	Angka pori
e_p	Angka pori pada akhir konsolidasi primer
G_s	Berat spesifik contoh tanah
H	Tinggi
H_s	Tinggi solid
H_v	Tinggi void
I_p	Faktor pengaruh yang tergantung pada bentuk bidang yang dibebani
I_z	Faktor pengaruh akibat beban trapesium
K	Koefisien permeabilitas
K_x	Koefisien permeabilitas arah x
K_y	Koefisien permeabilitas arah y
LL	Batas cair
OCR	<i>Over Consolidation Ratio</i>
P_0	Tekanan yang dialami saat ini
P_c	Tekanan yang pernah dialami sebelumnya
q	Beban merata
S	Penurunan total
S_c	Penurunan konsolidasi primer
S_i	Penurunan seketika
S_s	Penurunan konsolidasi sekunder
t_1, t_2	Waktu
u	Tekanan air pori eksis
V_s	Volume solid
V_v	Volume void
W_s	Berat kering contoh tanah
z	Kedalaman tanah yang ditinjau
γ	Berat volume tanah
γ_{sat}	Berat volume tanah jenuh
γ_w	Berat volume air
ε	Regangan
ν	<i>Poissons ratio</i>
σ	Tegangan total
σ'	Tegangan efektif
σ_z	Tegangan pada kedalaman z
ϕ	Sudut geser dalam

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L.1	Hasil Perhitungan Manual Konsolidasi	139
Lampiran L.2	Kurva Gabungan Hasil Perhitungan	141
Lampiran L.3	Faktor Keamanan	143

