



TUGAS AKHIR-RC14-1501

PERENCANAAN SEMEN KOMPOSIT TANAH SEBAGAI PENGGANTI LAPIS PONDASI PADA PERKERASAN JALAN RAYA

TRIO WIJANARKO

NRP : 3114 105 068

Dosen Pembimbing I
Ir. Wahju Herijanto, MT.

Dosen Pembimbing II
Istiar, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT-RC14-1501

DESIGN SOIL-CEMENT COMPOSITE AS A REPLACEMENT OF THE FOUNDATION LAYER FOR HIGHWAY PAVEMENT

TRIO WIJANARKO

NRP : 3114 105 068

Lecturer Supervisor I
Ir. Wahju Herijanto, MT.

Lecturer Supervisor II
Istiar, ST., MT.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR-RC14-1501

PERENCANAAN SEMEN KOMPOSIT TANAH SEBAGAI PENGGANTI LAPIS PONDASI PADA PERKERASAN JALAN

TRIO WIJANARKO

NRP :3114 105 068

DosenPembimbing I
Ir. Wahju Herijanto, MT.

DosenPembimbing II
Istiar, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT-RC14-1501

**DESIGN SOIL-CEMENT COMPOSITE AS A
REPLACEMENT OF THE FOUNDATION LAYER FOR
HIGHWAY PAVEMENT**

TRIO WIJANARKO

NRP :3114 105 068

Lecturer Supervisor I

Ir. Wahju Herijanto, MT.

Lecturer Supervisor II

Istiar, ST., MT.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Faculty of Civil Engineering and Planning

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya 2016

**PERENCANAAN SEMEN KOMPOSIT TANAH
SEBAGAI PENGGANTI LAPIS PONDASI
PADA PERKERASAN JALAN RAYA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Lintas Jalur Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
TRIO WIJANARKO
NRP. 3114 105 068

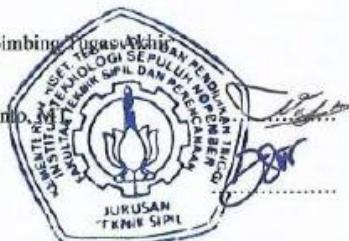
Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Pembimbing I

1. Ir. Wahju Herijanto, ST, MT

Pembimbing II

2. Istiar, ST, MT



**SURABAYA
DESEMBER, 2016**

Halaman ini sengaja dikosongkan.

PERENCANAAN SEMEN KOMPOSIT TANAH SEBAGAI PENGGANTI Lapis PONDASI PADA PERKERASAN JALAN RAYA

Nama Mahasiswa	: Trio Wijanarko
NRP	: 3114.105.068
Jurusan	: Lintas Jalur S-1 Teknik Sipil
Dosen Pembimbing	: 1. Ir. Wahyu Herijanto, MT. 2. Istiar, ST.,MT.

Abstrak

Perkerasan jalan raya dibagi dalam dua jenis perkerasan, yaitu perkerasan lentur (flexible pavement) dan perkerasan kaku (rigid pavement). Jenis perkerasan yang akan digunakan tergantung pada banyak hal, salah satunya adalah ketersediaan bahan material perkerasan. Semakin mudah bahan material yang akan digunakan pada perkerasan maka semakin sedikit biaya yang dibutuhkan. Oleh karena itu, untuk suatu lokasi yang akan dibangun prasarana jalan, harus diketahui kebutuhan material tiap jenis pekerasan sehingga dapat ditentukan jenis perkerasan yang efisien untuk lokasi tersebut. Untuk menghitung kebutuhan biaya terlebih dahulu harus diketahui ketebalan perkerasan yang dibutuhkan. Banyak metode perhitungan tebal perkerasan yang dapat dipakai.

Pada Tugas Akhir ini dilakukan pemilihan perkerasan lentur sebagai jenis perkerasan yang akan diteliti. Perkerasan lentur konvensional yang menggunakan lapis pondasi bawah (pasir berbatu), lapis pondasi atas (batu belah), lapis permukaan (aspal) yang akan dibandingkan dengan perkerasan lentur dengan menggunakan semen komposit tanah sebagai lapis pondasi, lapis permukaan (aspal) kemudian dilakukan analisa perhitungan yang menggunakan software plaxis untuk menganalisa defleksi yang terjadi pada perkerasan lentur. Dengan melakukan pemodelan ruas jalan, karakteristik perencanaan, dan tekanan beban normal sebesar 480 kN/m² akan didapatkan defleksi pada setiap lapisan perkerasan.

Dari hasil perhitungan defleksi yang terjadi pada lapis perkerasan dengan setiap tebal lapisan perkerasan yang telah dimodelkan, dilakukan identifikasi pekerjaan material yang digunakan

yang kemudian material lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah tersebut diganti oleh lapis pondasi semen komposit. Sehingga dari output software plaxis dapat diketahui defleksi yang terjadi dengan asumsi waktu konsolidasi selama 5 tahun (1800 hari). Pada penelitian ini juga melakukan analisa perbedaan biaya konstruksi. Pada akhirnya dapat disimpulkan perbandingan kekurangan dan kelebihan antara lapis pondasi yang menggunakan batu pecah dan pasir berbatu sebagai lapis pondasi dibandingkan dengan semen komposit sebagai lapis pondasi baik secara defleksi maupun dari segi biaya, penelitian ini dilakukan supaya dapat menjadi alternatif dalam pemilihan bahan material yang akan digunakan khususnya pada pekerjaan konstruksi jalan raya.

Kata kunci:Perkerasan Lentur, Lapis Pondasi, Semen Komposit,Plaxis,Defleksi, Biaya

DESIGN SOIL-CEMENT COMPOSITE AS A REPLACEMENT OF THE FOUNDATION LAYER FOR HIGHWAY PAVEMENT

**Student Name : Trio Wijanarko
NRP : 3114105068
Department : Civil Engineering FTSP-ITS
Lecturer Supervisors : 1. Ir. Wahyu Herijanto, MT.
2. Istiar, ST.,MT.**

Abstract

Highway pavement is divided into two types, namely flexible pavement, and rigid pavement. Type of pavement to be used depends on many things, one of which is the availability of paving material. The easier the materials to be used on pavement then the less the costs involved. Therefore, for a site to be built roads, must know the needs of each type of pavement so it can be determined the type of pavement that is for this location. To calculate the cost requirements necessary to first establish the required pavement thickness. Many pavement thickness calculation method that can be used.

In this Final Project flexible pavement as the type of pavement to be studied. Flexible pavement conventional uses sub-base course (sand split), base-course(crushed stone), the surface layer (asphalt), which will be compared with flexible pavement using soil cement composite as a base course. The surface layer (asphalt) then analyzed the calculations using PLAXIS software to analyze the deflection that occurs in flexible pavement. By modeling roads, planning characteristics, and the normal load pressure of 480 kN/m^2 will be obtained deflection at each layer of pavement.

From the calculation of deflection that occurs on every pavement with a thick layer of pavement that has been modeled, the identification work of the material used then base course material above and below the base course layer is replaced by a composite cement foundation. PLAXIS software so that output can be known deflection occurs assuming consolidation time for 5 years (1800 days). In this study also analyzes differences in construction costs. In the end it can be concluded comparison of advantages and disadvantages between the

layers of foundation using crushed stone and sand rocky as base course compared with cement composites as a base course both deflection and in terms of costs. The study was conducted in order to be a viable alternative in the selection of materials to be used especially in highway construction work.

Key Word:Flexible Pavement, Foundation Layer, Cement Composite,PLAXIS,Deflection, Cost

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat dan anugerah-Nya yang telah memberikan kesehatan jasmani dan rohani, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Perencanaan semen komposit tanah sebagai pengganti lapis pondasi pada perkerasan jalan raya”. Penulis mengangkat judul tersebut agar bisa menganalisis material perkerasan yang akan digunakan, apakah dengan material baru (semen komposit tanah) bisa menggantikan fungsi sebagai lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah.

Tugas akhir ini tentu tidak lepas dari bantuan berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung, maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga Allah SWT berkenan melimpahkan karunia-Nya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, baik dalam hal penulisan dan sebagainya. Untuk itu, penulis mengharap kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki Tugas Akhir ini.

Semoga Tugas Akhir ini diharapkan dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun pembaca, Terimakasih.

Penulis

Trio Wijanarko

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Perkerasan Jalan	7
2.2 Jenis dan Fungsi Lapisan Perkerasan Lentur	7
2.2.1 Lapisan Permukaan (<i>Surface Course</i>), yang Berfungsi untuk:	8

2.2.2 Lapisan Permukaan atas (<i>BaseCourse</i>) yang Berfungsi untuk:	8
2.2.3 Lapis Pondasi Bawah (<i>Sub-Base Course</i>) yang Berfungsi untuk:	8
2.2.4 Lapis Pondasi Semen Komposit Tanah yang Berfungsi untuk:	9
2.3 Material Konstruksi Perkerasan Lentur Konvesional...	9
2.3.1 Tanah Dasar	10
2.3.2 Agregat.....	10
2.3.3 Aspal	10
2.4 Material Konstruksi Perkerasan Semen Komposit Tanah	10
2.4.1 Tanah.....	11
2.4.2 Semen Portland	11
2.4.3 Air	11
2.4.4 Bahan Tambahan Bubuk	11
2.5 Beban Tekanan Ban atau Roda	12
2.6 Software PLAXIS	12
2.6.1 Model Linier-Elastic	13
2.6.2 Model Mohr-Colomb	13
2.7 Klasifikasi Jalan	13

2.8	Tekanan Kontak Ban atau Roda.....	15
2.9	Parameter Material Perkerasan Lentur	16
2.9.1	Berat Kering Material	17
2.9.2	Poisson Ratio (ν).....	17
2.9.3	Koefisien Permeabilitas Tanah (k).....	18
2.9.4	Kohesi (c) dan Sudut Geser Internal (ϕ)	19
2.9.5	Modulus Elastisitas (E) Material Perkerasan Jalan	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		23
3.1	Data	23
3.1.1	Pemodelan Konstruksi dan Material	24
3.1.2	Pemodelan Pembebanan	25
3.2	Bagan Alir	26
3.3	Prosedur	27
3.3.1	Plaxis Input	28
3.3.2	Plaxis Calculation	31
3.3.3	Plaxis Output.....	31
3.4	Prosedur Perhitungan Rencana Anggaran Biaya.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		33
4.1	Analisis Defleksi	33

4.2	Pemodelan Konstruksi	33
4.3	Parameter Perkerasan Lentur dan Komposit.....	34
4.4	Parameter Tebal Perkerasaan	36
4.5	Analisis Defleksi Berdasarkan Variasi Tebal Lapisan Perkerasan	38
4.6	Rencana Anggaran Biaya.....	95
4.7	Rekapitulasi Perhitungan Biaya Berdasarkan Variasi Tebal Lapisan Perkerasaan	97
4.8	Pembahasan Perkerasan Lentur 2 Lapisan dan 3 Lapisan	97
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		99
5.1	Kesimpulan	99
5.2	Saran.....	100

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Volume lalu lintas minimum.....	18
Tabel 2.2 Lebar jalan minimum	19
Tabel 2.3 Dimensi dan Muatan Kendaraan.....	19
Tabel 2.4 Sifat-sifat agregat lapis pondasi	22
Tabel 2.5 Berat kering material.....	23
Tabel 2.6 Poisson ration (ν)	24
Tabel 2.7 Koefisien permeabilitas tanah (k).....	25
Tabel 2.8 Koefisien permeabilitas tanah (k).....	25
Tabel 2.9 Kohesi (c) dan sudut geser internal tanah (ϕ)	26
Tabel 2.10 Nilai modulus elastisitas (E) material perkerasan jalan	27
Tabel 2.11 Nilai Modulus Elastisitas (E) material perkerasan jalan tipikal	28
Tabel 3.1 Parameter pemodelan perkerasan lentur 3 lapisan ..	29
Tabel 3.2 Parameter pemodelan perkerasan lentur 2 lapisan ..	30
Tabel 4.1 Parameter pemodelan perkerasan lentur 3 lapisan ..	45
Tabel 4.2 Parameter pemodelan perkerasan lentur 2 lapisan ..	46
Tabel 4.3 Parameter tebal perkerasan	49
Tabel 4.4 Hasil defleksi maksimum pada tebal lapisan 1	50

Tabel 4.5 Hasil defleksi maksimum pada tebal lapisan 2	55
Tabel 4.6 Hasil defleksi maksimum pada tebal lapisan 3	60
Tabel 4.7 Hasil defleksi maksimum pada tebal lapisan 4	65
Tabel 4.8 Hasil defleksi maksimum pada tebal lapisan 5	70
Tabel 4.9 Hasil defleksi maksimum pada tebal lapisan 6	75
Tabel 4.10 Hasil defleksi maksimum pada tebal lapisan 7	80
Tabel 4.11 Hasil defleksi maksimum pada tebal lapisan 8	85
Tabel 4.12 Hasil defleksi maksimum pada tebal lapisan 9	90
Tabel 4.13 Hasil defleksi maksimum pada tebal lapisan 10	95
Tabel 4.14 Defleksi yang terjadi pada setiap variasi lapisan perkerasan	110
Tabel 4.15 Rencana anggaran biaya pada setiap lapisan perkerasan	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Komponen Perkerasan lentur (<i>flexible pavement</i>)	12
Gambar 3.1	Pemodelan perkerasan lentur	31
Gambar 3.2	Bagan Alir Penelitian.....	33
Gambar 4.1	Pemodelan perkerasan lentur 3 lapisan.....	40
Gambar 4.2	Pemodelan perkerasan lentur 2 lapisan.....	40
Gambar 4.3	Grafik hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 1	43
Gambar 4.4	Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 1	44
Gambar 4.5	Perpindahan veritikal (Uy) tebal perkerasan 1 ..	44
Gambar 4.6	Perpindahan total tebal perkerasan 1	45
Gambar 4.7	Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 1 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	45
Gambar 4.8	Perpindahan vertikal (Uy) tebal perkerasan 1 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	46
Gambar 4.9	Perpindahan total tebal perkerasan 1berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari	46
Gambar 4.10	Peningkatan Regangan Tebal Perkerasan 1	47

Gambar 4.11	Grafik hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 2	49
Gambar 4.12	Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 2	50
Gambar 4.13	Perpindahan veritikal (Uy) tebal perkerasan 2 .	50
Gambar 4.14	Perpindahan total tebal perkerasan 2	51
Gambar 4.15	Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 2 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	51
Gambar 4.16	Perpindahan vertikal (Uy) tebal perkerasan 2 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	52
Gambar 4.17	Perpindahan total tebal perkerasan 2 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari	52
Gambar 4.18	Peningkatan Regangan Tebal Perkerasan 2	53
Gambar 4.19	Grafik hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 3	55
Gambar 4.20	Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 3	56
Gambar 4.21	Perpindahan veritikal (Uy) tebal perkerasan 3 .	56
Gambar 4.22	Perpindahan total tebal perkerasan 3	57
Gambar 4.23	Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 3 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	57
Gambar 4.24	Perpindahan vertikal (Uy) tebal perkerasan 3 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	58

Gambar 4.25	Perpindahan total tebal perkerasan 3 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari	58
Gambar 4.26	Peningkatan Regangan Tebal Perkerasan 3	59
Gambar 4.27	Grafik hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 4	61
Gambar 4.28	Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 4	62
Gambar 4.29	Perpindahan vertikal (Uy) tebal perkerasan 4 .	62
Gambar 4.30	Perpindahan total tebal perkerasan 4	63
Gambar 4.31	Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 4 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	63
Gambar 4.32	Perpindahan vertikal (Uy) tebal perkerasan 4 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	64
Gambar 4.33	Perpindahan total tebal perkerasan 4 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari	64
Gambar 4.34	Peningkatan Regangan Tebal Perkerasan 4	65
Gambar 4.35	Grafik hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 5	67
Gambar 4.36	Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 5	68
Gambar 4.37	Perpindahan vertikal (Uy) tebal perkerasan 5 .	68
Gambar 4.38	Perpindahan total tebal perkerasan 5	69

Gambar 4.39	Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 5 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	69
Gambar 4.40	Perpindahan vertikal (Uy) tebal perkerasan 5 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	70
Gambar 4.41	Perpindahan total tebal perkerasan 5 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari	70
Gambar 4.42	Peningkatan Regangan Tebal Perkerasan 5	71
Gambar 4.43	Grafik hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 6	73
Gambar 4.44	Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 6	74
Gambar 4.45	Perpindahan veritikal (Uy) tebal perkerasan 6	74
Gambar 4.46	Perpindahan total tebal perkerasan 6	75
Gambar 4.47	Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 6 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	75
Gambar 4.48	Perpindahan vertikal (Uy) tebal perkerasan 6 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	76
Gambar 4.49	Perpindahan total tebal perkerasan 6 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari	76
Gambar 4.50	Peningkatan Regangan Tebal Perkerasan 6	77
Gambar 4.51	Grafik hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 7	79
Gambar 4.52	Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 7	80

Gambar 4.53	Perpindahan vertikal (Uy) tebal perkerasan 7	80
Gambar 4.54	Perpindahan total tebal perkerasan 7	81
Gambar 4.55	Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 7 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	81
Gambar 4.56	Perpindahan vertikal (Uy) tebal perkerasan 7 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	82
Gambar 4.57	Perpindahan total tebal perkerasan 7 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari	82
Gambar 4.58	Peningkatan Regangan Tebal Perkerasan 7	83
Gambar 4.59	Grafik hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 8	85
Gambar 4.60	Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 8	86
Gambar 4.61	Perpindahan vertikal (Uy) tebal perkerasan 8	86
Gambar 4.62	Perpindahan total tebal perkerasan 8	87
Gambar 4.63	Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 8 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	87
Gambar 4.64	Perpindahan vertikal (Uy) tebal perkerasan 8 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	88
Gambar 4.65	Perpindahan total tebal perkerasan 8 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari	88
Gambar 4.66	Peningkatan Regangan Tebal Perkerasan 8	89

Gambar 4.67 Grafik hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 9	91
Gambar 4.68 Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 9	92
Gambar 4.69 Perpindahan vertikal (Uy) tebal perkerasan 9	92
Gambar 4.70 Perpindahan total tebal perkerasan 9	93
Gambar 4.71 Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 9 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	93
Gambar 4.72 Perpindahan vertikal (Uy) tebal perkerasan 9 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	94
Gambar 4.73 Perpindahan total tebal perkerasan 9 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari	94
Gambar 4.74 Peningkatan Regangan Tebal Perkerasan 9	95
Gambar 4.75 Grafik hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 10	97
Gambar 4.76 Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 10	98
Gambar 4.77 Perpindahan vertikal (Uy) tebal perkerasan 10	98
Gambar 4.78 Perpindahan total tebal perkerasan 10	99
Gambar 4.79 Perpindahan horisontal (Ux) tebal perkerasan 10 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	99

Gambar 4.80	Perpindahan vertikal (Uy) tebal perkerasan 10 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari.....	100
Gambar 4.81	Perpindahan total tebal perkerasan 10 berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari	100
Gambar 4.82	Peningkatan Regangan Tebal Perkerasan 10	101
Gambar 4.83	Grafik Hubungan Tebal Lapisan dan Penurunan Vertikal Pada Semua Lapisan	102
Gambar 4.84	Grafik Hubungan Tebal Lapisan dan Penurunan Vertikal Pada Lapisan 1 dan Lapisan 6.....	103
Gambar 4.85	Grafik Hubungan Tebal Lapisan dan Penurunan Vertikal Pada Lapisan 2 dan Lapisan 7.....	104
Gambar 4.86	Grafik Hubungan Tebal Lapisan dan Penurunan Vertikal Pada Lapisan 3 dan Lapisan 8.....	105
Gambar 4.87	Grafik Hubungan Tebal Lapisan dan Penurunan Vertikal Pada Lapisan 4 dan Lapisan 9.....	106
Gambar 4.88	Grafik Hubungan Tebal Lapisan dan Penurunan Vertikal Pada Lapisan 5 dan Lapisan 10.....	107

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin pesatnya pertumbuhan penduduk yang ada di Indonesia, sehingga harus diimbangi dengan perkembangan dalam aspek pembangunan. Sebagai negara yang sedang berkembang, Indonesia terus berusaha meningkatkan pembangunan yang ada di daerah yang belum dimanfaatkan atau yang masih tersedia lahan kosong untuk meningkatkan pembangunan. Perkembangan ekonomi dan peningkatan pembangunan diakibatkan oleh semakin cepatnya dan mudahnya arus perputaran ekonomi didaerah tersebut. Dalam situasi tersebut harus diimbangi dengan prasarana transportasi yang memadai dimana jalan merupakan prasarana untuk menghubungkan daerah satu dengan daerah lainnya. Pembangunan jalan merupakan solusi untuk meningkatkan perkembangan ekonomi pada daerah-daerah di Indonesia. Pembangunan jalan di Indonesia masih belum mencukupi untuk melayani arus ekonomi dan padatnya lalu lintas yang semakin tinggi sehingga sampai sekarang terus mengalami perkembangan kualitas dan kuantitas pada pembangunan jalan tersebut.

Kontruksi perkerasan jalan yang konvensional adalah perkerasan lentur dan juga perkerasan kaku. Kedua perkerasan tersebut terdiri dari berbagai lapisan. Lapisan-lapisan tersebut harus mampu menahan berat sendiri dan beban lalulintas kendaraan yang ada diatasnya. Setiap lapisan dibuat dari aspal, kerikil, atau batu belah yang kuat dan diletakkan diatas tanah dasar. Setiap lapisan perkerasan harus memiliki ketebalan tertentu agar dapat menahan beban lalulintas yang ada diatasnya. Ketebalan itu ditentukan dari jenis material yang dipakai untuk perkerasan tersebut, beban kendaraan yang akan bekerja dan volume lalulintas yang akan dilayani oleh jalan tersebut.

Perhitungan perkerasan jalan secara umum meliputi tebal dan lebar perkerasan.Tebal lapisan perkerasan dan lebar jalan

tersebut dapat dihitung dengan berbagai cara (Sukirrman. S, 1999), diantaranya menggunakan metode Bina Marga dan metode ASSHTO. Dalam perancangan tersebut perkerasan jalan didasarkan pada volume lalulintas yang akan dilayani dan beberapa faktor yang mempengaruhi kapasitas jalan tersebut, volume lalu lintas dihitung untuk mengetahui beban lalulintas yang akan dilayani pada perkerasan yang akan direncanakan. Beban lalulintas diperlukan untuk merancang ketebalan lapis perkerasan dan memilih kualitas material yang digunakan untuk lapisan perkerasan jalan tersebut.

Kualitas material yang digunakan pada perkerasan jalan dilihat dari kekuatan dan kekakuan. Kekuatan digunakan untuk menahan beban yang akan diterima perkerasan sedangkan kekakuan untuk kenyamanan pada pengguna jalan. Kekakuan jalan dilihat dari modulus elastisitas ekivalen perkerasan jalan, yang dapat mencegah terjadinya deformasi, penurunan, defleksi yang terjadi akibat beban lalulintas. Defleksi pada perkerasan jalan dibatasi agar tidak dapat mengganggu kenyamanan pengguna jalan dan juga mencegah keretakan akibat deformasi tersebut.

Dalam tahap perencanaan perkerasan jalan ini digunakan *software* Plaxis yang bisa membantu untuk perencanaan perkerasan jalan. *Software* Plaxis merupakan metode elemen dua dimensi hingga yang dikembangkan untuk analisis deformasi, stabilisasi, tegangan tanah dan aliran air tanah dalam geoteknik. *software* Plaxis dapat memodelkan dan menganalisis struktur geoteknik dan interaksi tanah dengan struktur seperti lapis perkerasan, pondasi dangkal, pondasi dalam, dinding penahan tanah, angkur (*anchor*), dan sebagainya. Program ini dapat membantu untuk menentukan material perkerasan jalan dengan melihatreaksi yang terjadi pada perkerasan jalan yang diberikan beban lalulintas yang tertinggi seperti tegangan, deformasi, penurunan, *safety factor*, dan lain-lain.

Pada penelitian ini akan menggunakan *software plaxis* untuk perencanaan perkerasan jalan dengan melihat pengaruh

defleksi yang terjadi pada setiap lapisan perkerasan dan untuk membandingkan ketebalan dari material perkerasan jalan yang akan dipakai pada perencanaan perkerasan jalan. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah material semen komposit sebagai lapis pondasi dan dibandingkan dengan lapis perkerasan konvensional yaitu lapis pondasi atas (batu belah) dan lapis pondasi bawah (sirtu). Pemodelan ini dilakukan dengan berbagai macam ketebalan yang diasumsikan oleh penulis. Parameter material digunakan pada setiap lapisan perkerasan semen komposit dan perkerasan konvensional dengan menggunakan data primer dan sekunder sebagai input yang digunakan pada perencanaan perkerasan lentur baik dari lapis perkerasan semen komposit maupun lapis perkerasan konvensional.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikemukakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Berapakah perbedaan defleksi yang akan terjadi akibat beban kendaraan, pada perkerasan konvensional dan perkerasan dengan lapisan semen komposit dengan asumsi ketebalan lapis perkerasan yang sama?
- b. Berapakah perbedaan biaya konstruksi antara penggunaan lapis perkerasan yang menggunakan LPA (batu belah) dan LPB (sirtu) dibandingkan perkerasan yang menggunakan semen komposit sebagai lapis pondasi?
- c. Diantara material perkerasan jalan raya yang menggunakan LPA(batu belah) dan LPB (sirtu) dengan semen komposit sebagai bahan lapis pondasi, manakah yang bisa lebih effisien ditinjau dari kekuatan dan dari segi biaya?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui defleksi yang terjadi akibat beban lalulintas yang bekerja pada perkerasan jalan dengan bantuan

software plaxis dengan variasi ketebalan lapisan perkerasan lentur tertentu baik yang menggunakan semen komposit 2 lapisan maupun lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah 3 lapisan diatas tanah dasar.

- b. Mengetahui kelebihan dan kekurangan secara biaya 3lapisan perkerasan konvensional yang menggunakan LPA dan LPB dibandingkan dengan 2 lapisan merupakan lapis pondasi semen komposit.
- c. Membantu untuk menentukan pemilihan material lapis pondasi pada perkerasan lentur yang akan digunakan dengan mempertimbangkan defleksi yang terjadi pada lapis perkerasan menggunakan *software plaxis* dengan asumsi variasi ketebalan dan pemilihan material dengan faktor biaya yang digunakan.

1.4 Batasan Masalah

Padapenelitian ini pembahasan menggunakan beberapa batasan sebagai berikut:

- a. Analisis Data
Melakukan tinjauan terhadap data-data material perkerasan lentur baik perkerasan konvensional dan perkerasan semen komposit. Data yang digunakan pada perkerasan konvensional merupakan data sekunder yang didapat dari berbagai makalah, jurnal dan peraturan-peraturan untuk menentukan parameter yang dibutuhkan pada *software plaxis* sedangkan data yang digunakan pada perkerasan semen komposit menggunakan data pengujian di laboratorium.
- b. Simulasi dan pembahasan
Analisis pada penelitian ini menggunakan *software plaxis*. Analisis yang menggunakan *software plaxis* memodelkan variasi tebal tiap lapis perkerasan lentur. Pada penelitian ini juga memodelkan lapisan perkerasan menggunakan lapis pondasi atas (batu belah) dan lapis

pondasi bawah (sirtu) dan lapis semen komposit untuk memodelkan perkerasan lentur.

- c. Kondisi dan batasan proses pembuatan pemodelan
Pemodelan dilakukan pada jalan arteri lebar minimum jalan 3,5 m. Perencanaan jalan lebar 8 m dua lajur jadi pada *software plaxis* dimodelkan *axisymmetric* ukuran 4 x 3 m setengah dari pemodelan jalan. Pemodelan dilakukan dengan memvariasikan tebal material perkerasan lentur yang digunakan. Beban lalulintas yang digunakan >10 ton jalan arteri kelas 1 (RSNI T-14-2004) dan beban tekanan roda standar sebesar 480 KN/ m²/4,32 ton Asphalt Institute, MS-17) dengan kontak ban terhadap perkerasan selebar 0,15 m. Pembebaan dianggap sebagai satu kali lintasan. Pemodelan tebal lapisan perkerasan dibatasi dengan variasi tebal tertentu dengan asumsi konsolidasi perkerasan selama 5 tahun (1800 hari).
- d. Material Perkerasan
Pada penelitian ini material yang digunakan merupakan tanah sampel di daerah Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya sebagai bahan untuk campuran pada lapis semen komposit dan sebagai tanah dasar pada perencanaan perkerasan lentur. Pada penelitian memodelkan lapisan perkerasan menggunakan lapis pondasi atas (batu belah) dan lapis pondasi bawah (sirtu), lapis permukaan asphalt dibandingkan dengan lapis semen komposit sebagai lapis pondasi perkerasan lentur dan menggunakan lapis permukaan asphalt..
- e. Kondisi dan batasan pembuatan rencana anggaran biaya
Perhitungan rencana anggaran biaya pada jalan perkerasan lentur dengan lebar jalan 8 meter dan panjang jalan diasumsikan sepanjang 1000 meter dengan tebal setiap lapis perkerasan sesuai variasi ketebalan yang ada. Analisa harga satuan yang dipakai menggunakan harga satuan pokok pekerjaan Pemkot Surabaya.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

- a. Memahami tahapan analisa defleksi pada perkerasan dengan bantuan pada pemodelan *software plaxis*.
- b. Mengetahui defleksi yang terjadi akibat beban lalulintas yang diberikan pada perkerasan lentur jika menggunakan jenis material dengan variasi parameter dan tebal lapisan perkerasan tertentu.
- c. Mengetahui perhitungan anggaran biaya perkerasan lentur konvensional 3 lapisan dan perkerasan lentur yang menggunakan semen komposit.
- d. Membantu untuk memilih material perkerasan lentur dengan parameter material tertentu yang akan digunakan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi sebagai lapisan untuk sarana transportasi, dan diharapkan selama umur rencana konstruksi tidak terjadi kerusakan, supaya perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Silvia Sukirman,2003).

Silvia Sukirman (2003) menyatakan bahwa berdasarkan bahan pengikatnya. Kontruksi jalan dapat dibedakan atas:

- a. Kontruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*),yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarluaskan beban lalu lintas ketanah dasar.
- b. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar denganatau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
- c. Kontruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

2.2 Jenis dan Fungsi Lapisan Perkerasan Lentur

Kontruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarluaskannya ke lapisan di bawahnya(Silvia Sukirman, 2003).Menurut Departernen Pekerjaan Umum (1987) yang dimaksud dengan pekerasan lentur (*flexible*

pavement) adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan dibawahnya. Komponen lapisan perkerasan lentur 3 lapisan dapat dilihat pada gambar 2.1 dan lapisan perkerasan lentur 2 lapisan dapat dilihat pada gambar 2.2. Perkerasan lentur jalan dibangun dengan susunan sebagai berikut:

2.2.1. Lapis permukaan (*surface course*), berfungsi :

1. Memberikan permukaan yang rata bagi kendaraan yang melintasdiatasnya,
2. Menahan gaya vertikal, horizontal, dan getaran dari beban roda,sehingga harus mempunyai stabilisasi tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan,
3. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi lapisan dibawahnya
4. Sebagai lapisan aus.

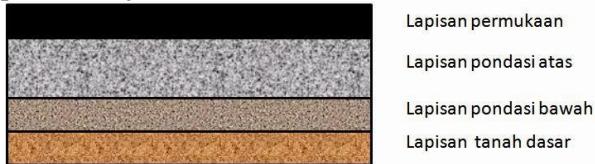
2.2.2. Lapis pondasi atas (*base course*), yang berfungsi :

- a. Mendukung kerja lapis permukaan sebagai penahan gaya geser dari beban roda, dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya,
- b. Memperkuat konstruksi perkerasan, sebagai bantalan terhadap lapisan permukaan,
- c. Sebagai lapis peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

2.2.3. Lapis pondasi bawah (*subbase course*), yang berfungsi :

1. Menyebarluaskan tekanan yang diperoleh ke tanah,
2. Mengurangi tebal lapis pondasi atas yang menggunakan material berkualitas lebih tinggi sehingga dapat menekan biaya yang digunakan dan lebih efisien,
3. Sebagai lapis peresepan air,
4. Mencegah masuknya tanah dasar yang berkualitas rendah kelapis pondasi atas,

5. Sebagai lapisan awal untuk melaksanakan pekerjaan perkerasan jalan.



Gambar 2.1 Komponen Perkerasan lentur 3 lapisan (*flexible pavement*)

2.2.4. Lapis permukaan (*surface course*), berfungsi :

1. Memberikan permukaan yang rata bagi kendaraan yang melintas diatasnya.
2. Menahan gaya vertikal, horizontal, dan getaran dari beban roda, sehingga harus mempunyai stabilisasi tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan,
3. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi lapisan dibawahnya
4. Sebagai lapisan aus.

2.2.5. Lapis pondasi semen komposit tanah yang berfungsi:

1. Menggantikan fungsi dari Lapis pondasi atas dan Lapis pondasi bawah
2. Mengurangi tebal lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah yang menggunakan bahan dan material yang lebih baik dan lebih mudah dalam pelaksanaannya sehingga dapat menekan biaya yang digunakan dan lebih efisien.
3. Meningkatkan nilai CBR dan dapat berfungsi untuk perbaikan tanah.
4. Sebagai lapisan awal untuk melaksanakan pekerjaan perkerasan jalan diatas permukaan tanah dasar.



Gambar 2.2 Komponen Perkerasan lentur 2 lapisan (*flexible pavement*)

2.3 Material Kontruksi Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan untuk menahan beban lalu lintas yang ada diatasnya. Material setiap lapisan terdiri dari tanah dasar, aggregat dan aspal yang akan menerima beban dari perkerasan lentur.

2.3.1 Tanah dasar

Tanah dasar merupakan pondasi bagi perkerasan, baik perkerasan yang terdapat pada jalur lalulintas maupun bahu jalan. Dengan demikian, tanah dasar merupakan konstruksi terakhir yang akan menerima beban kendaraan (Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2006). Tanah dasar yang baik untuk kontruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri atau didekatnya, yang telah dipadatkan sampai tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai daya dukung yang baik serta berkemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Sifat masing-masing jenis tanah tergantung dari tekstur, kepadatan, kadar air, kondisi lingkungan, dan lain sebagainya (Silvia Sukirman, 2003).

2.3.2 Agregat

Aggregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95% aggregate berdasarkan presentase berat atau 75-85% aggregat berdasarkan presentase volume. Dengan demikian, daya dukung,keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat aggregate dan

hasil campuran agregat dengan material lain (Silvia Sukirman, 2003).

2.3.3 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4-10% berdasarkan berat atau 10-15% berdasarkan volume(Silvia Sukirman, 2003).

2.4 Material Kontruksi Perkerasan Lentur Semen Komposit Tanah

Perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan untuk menahan beban lalu lintas yang ada diatasnya. Material setiap lapisan terdiri dari tanah dasar, lapisan semen komposit dan aspal yang akan menerima beban dari perkerasan lentur

Lapisan semen komposit adalah semen yang ditambah dengan bubuk mineral tertentu yang dicampur dengan tanah dan air, dialas tanah dasar yang telah disiapkan termasuk penghamparan, pembentukan, pemadatan, perawatan dan penyelesaian akhir yang akan dijadikan sebagai lapis pondasi pada perkerasan jalan. Semuanya harus sesuai dengan ketentuan dan spesifikasi dimensi dan tipikal penampang melintang jalan. berikut ini adalah material lapis semen komposit tanah.

2.4.1 Tanah

Tanah yang cocok digunakan untuk Lapis pondasi semen komposit, tanah harus sesuai dengan partikel yang ditentukan. Ukuran partikelnya harus lebih kecil dari 75 mm, tanah dengan plastisitas yang rendah, tanah dengan nilai Indeks *Properties PI* > 20, dan lolos saringan $0.075 \text{ mm} > 25\%$. (Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2013).

2.4.2Semen Portland

Semen yang digunakan dapat berupa semen portland Tipe 1 atau OPC atau PPC atau FCC, yang memenuhi syarat SNI 15-2049-2004. Semua semen yang akan digunakan dalam

pencampuran Lapis pondasi semen komposit harus disimpan di tempat penyimpanan, semen harus disimpan dalam ruang tertutup atau minimal terlindungi dari sinar matahari dan hujan. Alas untuk tempat penyimpanan semen bukan berupa tanah. (Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2013).

2.4.3 Air

Air yang digunakan harus air tawar, dan bebas dari endapan maupun larutan atau hanan suspensi yang mungkin dapat merusak pembuatan Lapis pondasi semen komposit tanah, seperti yang sudah ditentukan dan harus memenuhi ketentuan yang disyaratkan dalam SNI 03-6817-2002. (Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2013)

2.4.4 Bahan Tambah Bubuk

Bahan tambah yang digunakan dalam lapis pondasi semen komposit tanah adalah bubuk, yaitu suatu campuran mineral – mineral yang bersifat semen (*cementitious*), *non polymer*, yang mengandung *natural oxides*, *sulfate*, *chloride*, *carbonate* dan sekurang – kurangnya mengandung senyawacalsiumchlorid-dihydrat. (Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2013). Pada penelitian ini bahan tambah bubuk yang digunakan adalah difa soil stabilizer. Difa soil stabilizer merupakan serbuk halus yang terdiri dari komposisi mineral anorganic yang aman terhadap lingkungan dan bahan aditif untuk memaksimalkan ikatan *soil cement* (PT. Difa Mahakarya)

2.5 Beban Tekanan Ban atau Roda

Tekanan kontak ban kendaraan, khususnya untuk kendaraan berat berpengaruh besar terhadap hitungan tebal perkerasan. Tekanan kontak ban secara tipikal nilainya sekitar 90% dari tekanan pemompaan ban (Hardiyatmo,2011).Beban perkerasan dan beban laulintas di atasnya akan didukung oleh tanah dasar.Beban lalu lintas terkonsentrasi di permukaan kontak antara roda dan perkerasan. Fungsi utama perkerasan adalah menyebarkan beban roda ke area permukaan tanah dasar yang

lebih luas dibandingkan luas kontak roda dan perkerasan (Hardiyatmo,2011).

2.6 Software plaxis

Software plaxis merupakan metode elemen hingga dua dimensi yang dikembangkan untuk analisis deformasi dan stabilisasi dalam bidang geoteknik.

Software plaxis ini menampilkan grafik yang sederhana yang memungkinkan mempercepat perhitungan metode elemen hingga yang kompleks, dan meningkatkan output penyelesaian yang detail. Perhitungan akan dilakukan secara otomatis oleh komputer dan berdasarkan perhitungan numerikal (Plaxis bv,Plaxis Version 8 Tutorial Manual,2010). Issac L. Howard dan Kimberly A. Warren (2011) melakukan penelitian variasi kuantitas dari perkerasan lentur menggunakan *software plaxis*. Berikut ini adalah pemodelan material yang digunakan pada perencanaan perkerasan jalan menggunakan *software plaxis* untuk menganalisis defleksi yang akan terjadi pada material perkerasan jalan:

2.6.1 Model *Linier-Elastic*

Model *Linier-Elastic* merupakan suatu model yang digunakan untuk semua material, yang menggunakan dua parameter material yaitu modulus elastisitas (*Young's Modulus*) dan *Poisson ratio*. Parameter perkerasan jalan memperhatikan pencampuran bahan, temperatur, dan tingkat pemberatan. Memperkirakan modulus elastisitas pada pemodelan sangat berpengaruh pada regangan *Linier-Elastic* (Howard & Warren., 2011). Dalam tahap ini dapat menggambarkan perkerasan lentur satu lapisan karena sebagai dasar untuk pemodelan lain yang akan digunakan pada *software PLAXIS*.

2.6.2 Model *Mohr-colomb*

Model *Mohr-colomb* menggunakan beberapa parameter material yang harus dimasukan sebagai tahap *input* material (Potts & Zdravkovic., 1999) parameter material yaitu sebagai berikut ini:

- a. Modulus elastisitas (E)
- b. Poisson ratio (v)
- c. Kohesi (c)
- d. Sudut gesek internal (ϕ)

Parameter material seperti c dan ϕ akan mempengaruhi perilaku plastis material, sedangkan parameter material E dan v akan mempengaruhi perilaku elastis material. Setiap material baik tanah maupun batuan mempunyai nilai yang berbeda-beda.

2.7 Klasifikasi Jalan

Perancangan perkerasan lentur direncanakan berdasarkan volume lalulintas, beban kendaraan dan material yang akan digunakan. Perencanaan awal harus mengetahui klasifikasi jalannya. Kelas jalan merupakan pengklasifikasian jalan sesuai fungsinya. Volume lalu lintas, dimensi kendaraan dan muatan sumbu kendaraan dan lebar jalur ditentukan oleh kelas jalannya ditampilkan pada tabel 2.1 sampai dengan tabel 2.3. Berikut ini adalah batasan-batasan minimum sesuai kelas jalannya:

1. Volume lalulintas minimum

Berikut ini tabel volume lalulintas minimum:

Tabel 2.1 Volume lalulintas minimum

Fungsi	Volume lalulintas (SMP)		Kelas Jalan
Primer	Arteri	-	I
	Kolektor	> 10.000	I
		< 10.000	II
Sekunder	Arteri	> 20.000	I
		< 20.000	II
	Kolektor	> 6.000	II
		< 6.000	III A
Jalan Lokal	> 500		III B
	< 500		III C

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1970

2. Lebar jalan minimum

Berikut ini tabel lebar jalan minimum:

Tabel 2.2 Lebar Jalan Minimum

Kelas Jalan	Lebar Jalan (m)
I	3,50
II	3,00
IIIA	2,75
IIIB	2,75
IIIC	-

Sumber: RSNI T-14-2004

3. Dimensi dan Muatan kendaraan

Berikut ini tabel dimensi dan muatan kendaraan:

Tabel 2.3 Dimensi dan Muatan kendaraan

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan Maksimum		Muatan Sumbu Terberat (ton)
		Panjang (m)	Lebar (m)	
I	Arteri	18	2,5	>10
II		18	2,5	10
IIIA	Kolektor	18	2,5	8
IIIB		12	2,5	8
IIIC	Lokal	9	2,1	8

Sumber: RSNI T-14-2004

2.8 Tekanan Kontak Ban atau Roda

Tekanan kontak ban pada suatu struktur perkerasan jalan sangat berpengaruh untuk menentukan tebal perkerasan tersebut khususnya untuk kendaraan berat. Tekanan kontak ban minimum yang diterima oleh suatu perkerasan sekitar 480 kN/m² (Asphalt Institute, MS-17) jika melebihi tekanan ban tersebut maka perancangan perkerasan lentur ada faktor koreksinya. Lebar radius ban yang saling kontak dengan ban kendaraan adalah 0,2-

0,3 m untuk jenis kendaraan berat (Brown C dan Sessions J, 1999). Tekanan ban dianggap sebagai satu kali Pembebanan. Tekanan ban pada beban gandar akan dibagi dua tiap ban dan disebarluaskan oleh luas kontak permukaan ban kendaraan pada perkerasan jalan. Tekanan ban tersebut akan diteruskan oleh perkerasan sampai ketanah dasar. Perhitungan tekanan kontak ban dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

Keterangan :
 p : Tekanan (kN/m²)
 F : Gaya (kN)
 A : Luas tekanan (m²)

2.9 Parameter Material Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur konvensional terdiri dari tiga lapisan utama, yaitu lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah. Perkerasan tersebut akan ditahan oleh tanah dasar yang berada dibawahnya. Setiap lapisan perkerasan lentur mempunyai kekuatan dan sifat yang berbeda-beda sesuai fungsinya.

Aspal adalah lapis permukaan yang terletak paling atas perkerasan lentur. Fungsi aspal adalah menahan beban lalulintas diatasnya dan meneruskannya ke lapisan bawahnya. Kendaraan yang melintas diatasnya adalah beban yang berulang sehingga aspal harus mempunyai sifat elastis dan kuat sehingga tidak terjadi deformasi yang besar.

Lapis pondasi atas adalah lapisan yang menahan gaya geser beban laulintas dan lapisan permukaan yang ada diatasnya serta meneruskan beban ke bawah. Material yang sering digunakan untuk lapis pondasi atas adalah batu pecah, *limestone*, *Cement treated base*. Material yang digunakan mampu meresapkan air atau permeabilitas yang tinggi.

Lapis pondasi bawah adalah lapisan yang menyebarkan beban kendaraan ke tanah dasar. Material yang digunakan harus bisa meresapkan air. Kekuatan dari material lapis pondasi bawah

lebih kecil dibandingkan oleh lapis pondasi atas. Material yang sering digunakan hampir sama dengan lapis pondasi atas tetapi mempunyai ukuran yang lebih kecil seperti pasir batu, batu pecah, atau kerikil. Perbedaan material dapat dilihat dari kelas material yang digunakan sebagai lapisan pondasi.

Berikut ini adalah parameter material perbedaan sifat berdasarkan kelas lapisan perkerasan:

2.9.1 Berat Kering Material

Berat kering merupakan parameter fisik pada tanah ataupun material perkerasan. Berat kering adalah berat tanah yang hanya berisi udara dan tanah. Tabel 2.4 menunjukkan berat kering sesuai jenis materialnya.

Tabel 2.4 Berat kering material

Material	Berat Kering (kN/m ²)
Kerikil kasar, kerikil berpasir	19-22
Batu pecah kasar	21-24
Kerikil berlanau	20-21,5
Kerikil berlempung	18-21
Lempung berpasir	17-20
Pasir berlanau	18-20
Aspal	17-21

Sumber :Roger Johnson Consulting LTD., 2000

2.9.2 Poisson Ratio (v)

Poisson Ratio merupakan nilai yang menunjukkan perbandingan antara regangan lateral dan regangan longitudinal dengan kondisi tegangan yang bekerja berupa tegangan unaxial (Bowles, 1977) Tabel 2.5 menunjukkan Nilai Poisson Ratio yang berbeda-beda sesuai jenis material yang ada.

Tabel 2.5 Poisson Ratio (v)

Material	Poisson Ratio (v)
Asphalt Cement (AC)	0,25-0,4
PCC	0,15

Tabel 2.5 Poisson Ratio (v) (lanjutan)

Material	Poisson Ratio (v)
Batu Pecah / Crused Stone	0,35
Kerikil / Gravel	0,35
Pasir berbatu	0,1-1,0
Tanah Dasar Stabilisasi Tanah Semen	0,2
Tanah Dasar Stabilisasi Kapur	0,2
Tanah Dasar Lempung	0,42
Tanah Dasar Lanau	0,42
Tanah Dasar Pasir Berlanau	0,3-0,4
Tanah Dasar Pasir	0,2-0,4

2.9.3 Koefisien Permeabilitas Tanah (k)

Koefisien permeabilitas tergantung pada ukuran rata-rata pori yang dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel, bentuk partikel dan struktur partikel yang ada pada material perkerasan yang akan digunakan. Tabel 2.6 dan tabel 2.7 menunjukkan nilai koefisien permeabilitas tanah (k)

Angka Koefisien Permeabilitas Tanah berbeda-beda sesuai material yang ada

Tabel 2.6 Koefisien Permeabilitas Tanah (k)

Material	Koefisien Permeabilitas Tanah (k) (cm/det)
Kerikil	100-1
Pasir Berbatu	1-0,01
Pasir Halus	0,01-0,001
Lempung Kelanauan	0,001-0,00001
Lempung	< 0,00001

Sumber: Das., 2006

Tabel 2.7 Koefisien Permeabilitas Tanah (k)

Material	Koefisien Permeabilitas Tanah (k) (cm/det)
Batu Belah	$1,38 \times 10^{-3}$

Tabel 2.7 Koefisien Permeabilitas Tanah (k) (lanjutan)

Material	Koefisien Permeabilitas Tanah (k) (cm/det)
Kerikil Lapis Pondasi	$2,22 \times 10^{-3}$
Kerikil Halus	$3,5 \times 10^{-4}$
Sand Borrow	$8,44 \times 10^{-5}$
Asphalt	$<1 \times 10^{-7}$

Sumber : Hendel., 1997 & Kunawwe., 2003

2.9.4 Kohesi (c) dan Sudut Geser Internal (ϕ)

Kohesi adalah gaya tarik menarik antara partikel dalam material. Kohesi tanah atau batuan nilainya akan semakin besar jika kekuatan gesernya semakin besar. Sedangkan sudut gesek dalam merupakan sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan normal normal dan tegangan geser didalam material tanah atau batuan.

Nilai Kohesi (c) dan Sudut Geser (ϕ) Internal material perkerasan jalan ditunjukkan pada tabel 2.8

Tabel 2.8 Nilai Kohesi (c) dan Sudut Geser (ϕ)

Material	Kohesi (c) (kN/m ²)	Sudut Geser Dalam (ϕ) ($^{\circ}$)
Batu Pecah	55	52
Batu Pecah Berpasir	53	50
Kerikil Kualitas Bagus	35	40
Kerikil Kualitas Rendah	30	40
Pasir Berbatu	30	35-40
Tanah Dasar Lempung	20	-
Lempung Plastisitas Tinggi	25	-
Tanah Dasar Lanau	22	27-33
Lanau Plastisitas Tinggi	20	32
Tanah Dasar pasir Berlanau	14	31-32

Sumber : Hendel., 1997 & Kunawwe., 2003

2.9.5 Modulus Elastisitas (E) Material Perkerasan Jalan

Modulus elastisitas adalah angka yang digunakan untuk mengukur ketahanan bahan ketika mengalami deformasi elastis pada saat gaya diterapkan pada benda tersebut. Modulus elastisitas suatu benda didefinisikan sebagai kemiringan dari kurva hubungan tegangan-regangan.

Tabel 2.9 Nilai Modulus Elastisitas (E) material perkerasan jalan

Material	Modulus Elastisitas (E) (Psi)
Ashpalt Cement (AC) suhu 32° F	2.000.000 - 5.000.000
Ashpalt Cement (AC) suhu 68° -70° F	300.000 - 500.000
PCC	3.000.000 - 5.000.000
Batu Pecah / Crused Stone	20.000 - 80.000
Kerikil / Gravel	10.000 - 45.000
Pasir Berbatu	800 - 2.000
Tanah Dasar Stabilisasi Tanah Semen	50.000 - 500.000
Tanah Dasar Stabilisasi Kapur	20.000 - 150.000
Tanah Dasar Lempung	3.000 - 12.000
Tanah Dasar Lanau	5.000 - 20.000
Tanah Dasar Pasir Berlanau	3.000 - 20.000
Tanah Dasar Pasir	7.000 - 30.000

Sumber: Lynne., 2013 & AASHTO., 1993

Tabel 2.10 Nilai Modulus Elastisitas (E) material perkerasan jalan tipikal

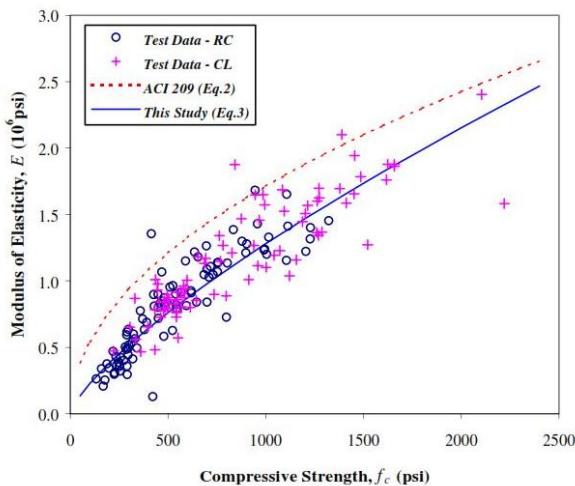
Material	Modulus Elastisitas (E) (Psi)
Ashpalt Cement (AC)	400.000
Pondasi Dirawat Aspal	200.000
Pondasi Dirawat Semen	500.000
Pondasi Granular CBR 80%	28.000
Pondasi Bawah Granular CBR 30%	15.000
Tanah Dasar Stabilisasi	50.000
Tanah Dasar Kohesif	7.000

Sumber : Asphalt Institute, MS-17 dan Transit New Zealand., 2000

Modulus elastisitas pada tanah dasar dapat ditinjau dari nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Modulus elastisitas pada tanah dasar disebut modulus resilien (MR). Modulus resilien adalah ratio antara tegangan diviatori terhadap regangan pada zona elastis (Hardiyatmo, 2011). Hubungan MR dan CBR yang disarankan oleh Ashphalt Institute (MS-23), seperti berikut:

$$MR = 1500 \text{ CBR (psi)}$$

Nilai modulus elastisitas yang digunakan pada lapisan semen komposit didapatkan dari hubungan kuat tekan benda uji dengan modulus elastisitas, gambar 2.2 menunjukkan hubungan kuat tekan dengan modulus elastisitas.



Gambar 2.2 Hubungan kuat tekan dengan modulus elastisitas
 (Estimation of the Compressive Strength and Modulus of
 Elastisity of Cement-Treated Aggregat Base
 Materials,2003.)

2.9.6 Parameter Material Semen Komposit

Berikut ini adalah rekapitulasi parameter material semen komposit yang menggunakan bahan difa sebagai campuran. Nilai parameter material yang didapatkan merupakan hasil dari pengujian laboratorium.

Tabel 2.11 Parameter material semen komposit

Parameter	Semen Komposit	unit
Berat tak jenuh	18	kN/m ³
Berat jenuh	20	kN/m ³
Permeabilitas	1.0E-04	m/day
Poisson ratio	0,15	-
Kohesi	1000	kN/m ²

Tabel 2.11 Parameter material semen komposit

Parameter	Semen Komposit	unit
Sudut gesek	1	0
Modulus Elastisitas	7.850E+07	kN/m ²

Sumber : Laboratorium Bahan Bangun Departemen Teknik
Sipil SV-UGM (PT. Difa Mahakarya)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Data

Penggunaan data pada tugas akhir ini adalah menggunakan data primer dari pengujian laboratorium dan data sekunder dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, tugas akhir, internet. Data tersebut untuk mendekati parameter yang akan dimasukkan sebagai *input* pada *software* PLAXIS. Data yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Parameter material untuk pemodelan 3 lapisan ditunjukkan pada Tabel 3.1 berikut ini:

Tabel 3.1 Parameter pemodelan perkerasan lentur 3 lapisan

Parameter	Aspal	Lapisan pondasi atas	Lapisan pondasi bawah	Tanah dasar	unit
Berat tak jenuh	20	21	16	14	kN/m ³
Berat jenuh	21	22	18	16	kN/m ³
Permeabilitas	8,640E-5	12E+03	4,3E+02	0,864	m/day
Poisson ratio	0,35	0,35	0,5	0,35	-
Kohesi	-	55	30	14	kN/m ²
Sudut gesek	-	52	40	1	0
Modulus Elastisitas	2,758E+06	3,1E+04	1,3E+03	6,205E+04	kN/m ²
CBR	-	-	-	6	%

- Parameter material untuk pemodelan 2 lapisan ditunjukkan pada Tabel 3.2 berikut ini:

Tabel 3.2 Parameter pemodelan perkerasan lentur 2 lapisan

Parameter	Aspal	Semen Komposit	Tanah dasar	unit
Berat tak jenuh	20	18	14	kN/m ³
Berat jenuh	21	20	16	kN/m ³
Permeabilitas	8,640E-5	1.0E-04	0,864	m/day

Tabel 3.2 Parameter pemodelan perkerasan lentur 2 lapisan
(lanjutan)

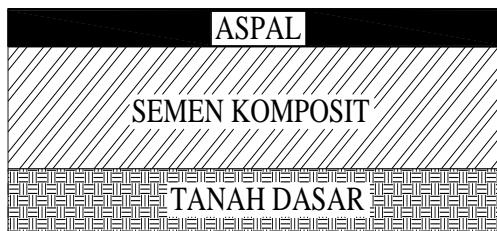
Parameter	Aspal	Semen Komposit	Tanah dasar	unit
Poisson ratio	0,35	0,15	0,35	-
Kohesi	-	1000	14	kN/m ²
Sudutgesek	-	1	1	0
Modulus Elastisitas	2.758E+06	7.850E+07	6,205E+04	kN/m ²
CBR	-	-	6	%

3.1.1 Pemodelan Kontruksi dan Material

Penelitian ini meninjau kontruksi dari perkerasan lentur yang terdiri dari beberapa lapisan yaitu lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah dan perkerasan lentur menggunakan semen komposit sebagai bahan pengganti lapis pondasi. Perkerasan lentur yang ditinjau adalah pada klasifikasi jalan utama kelas I dengan lebar minimal 3,5 m tiap lajur, untuk penellitian ini memodelkan dengan lebar 8 m² lajur. Pada *software* Plaxis dimodelkan setengah dari keseluruhan lebar jalanyaitu dengan lebar 4 m karena menggunakan model *axisymmetry*. Pemodelan kontruksi dapat dilihat pada gambar 3.1 yang dilakukan dengan 2 model yaitu dengan model 3 lapisan (tanah dasar, lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas, aspal) dan model 2 lapisan (tanah dasar, semen komposit, aspal) dengan memvariasikan tebal tiap lapis perkerasan lentur



a) Gambar Pemodelan 3 lapisan



b) Gambar Pemodelan 2 lapisan

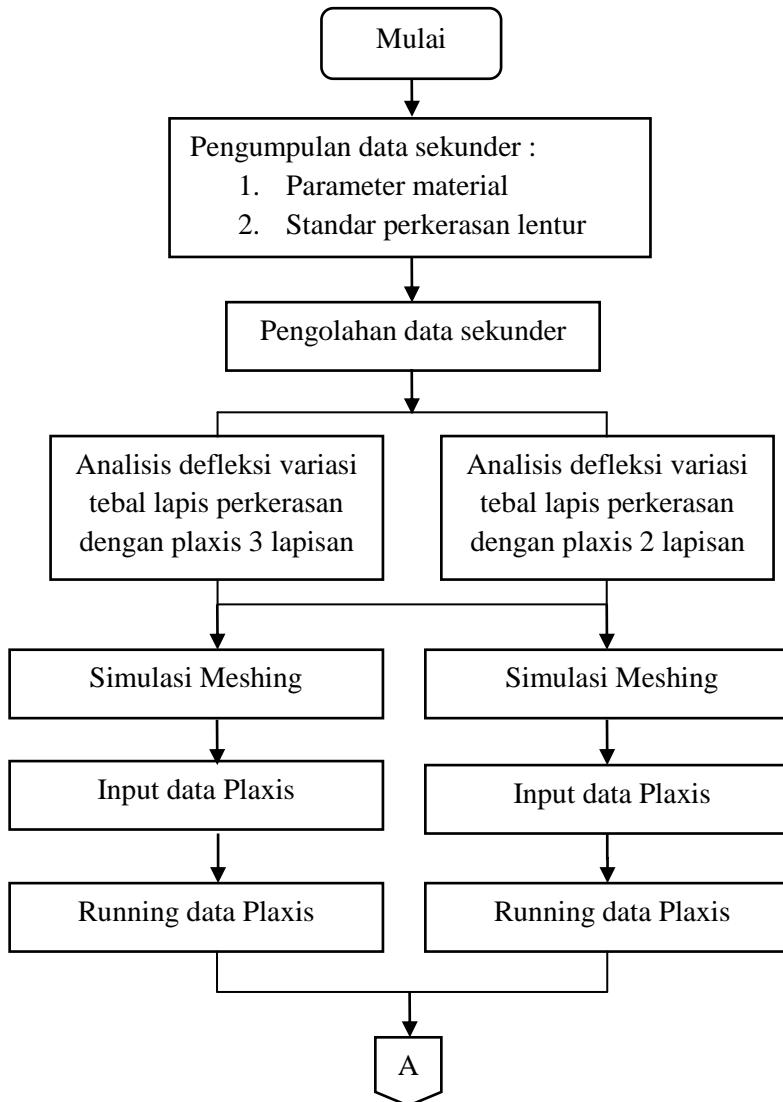
Gambar 3.1 Pemodelan lapisan perkerasan lentur

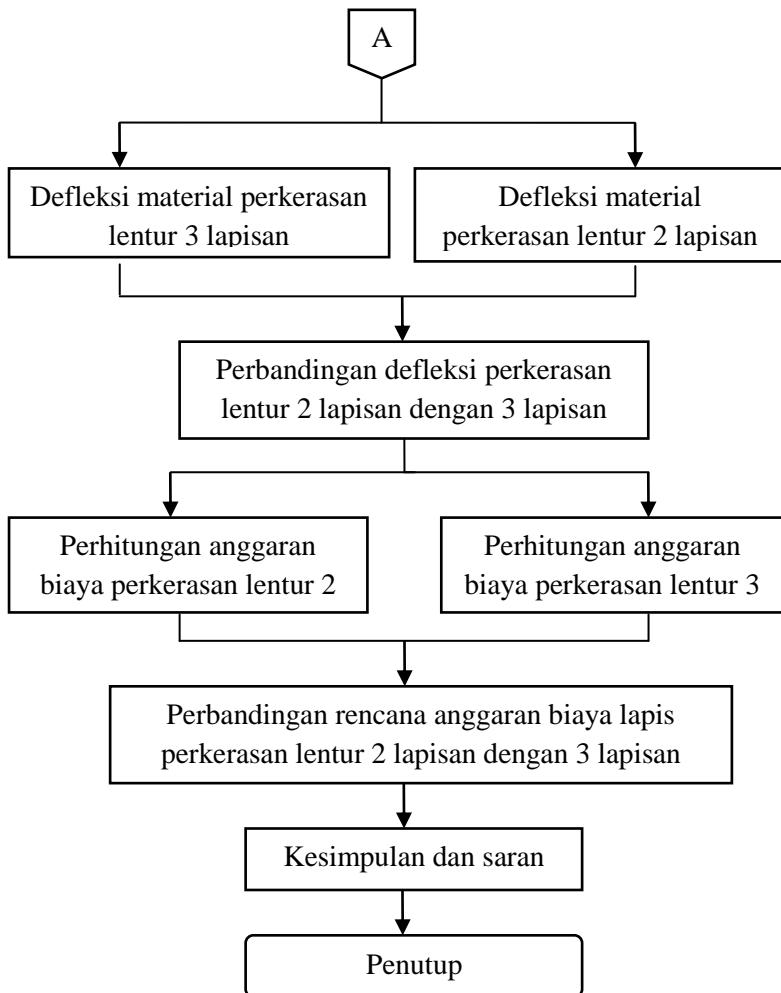
Pemodelan dengan variasi ketebalan lapis perkerasan dilakukan 2 macam pemodelan seperti penjelasan sebelumnya. Tebal tiap lapisan ditetapkan berdasarkan sesuai batas minimum pada suatu perkerasan lentur. Tebal yang digunakan diasumsikan sama dengan tebal jalan standar perkerasan lentur. Tebal perkerasan untuk pemodelan 3 lapisan diasumsikan diasumsikan variasi tebal perkerasan untuk pemodelan 2 lapisan juga diasumsikan menggunakan material aspal dan tebal semen komposit diasumsikan didalam *plaxis*. Tanah dasar yang digunakan adalah data tanah yang ada pada daerah Perak, Surabaya. Tebal tanah dasar yang ditinjau sampai kedalaman 3 meter. Pemodelan dengan variasi tebal dilakukan 2 macam pemodelan seperti penjelasan sebelumnya. Tebal total lapis perkerasan lentur divariasikan pada tiap lapis perkerasan.

3.1.2 Pemodelan Pembebanan

Beban kendaraan pada perkerasan lentur diasumsikan dengan melihat tekanan ban yang diberikan oleh kendaraan tersebut. Tekanan standar yang diberikan keperkerasan lentur sebesar 480 kN/m² (4,32 ton) ditambah dengan beban lalu lintas kendaraan di jalan arteri >10 ton dengan dianggap beban merata selebar 30 cm. Lebar tekanan ban yang digunakan setengah lebar ban kendaraan yang memberi kontak dengan perkerasan. Bagan alir pada penelitian tugas akhir ini ditampilkan pada gambar 3.2

3.2 Bagan Alir





Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

3.3 Prosedur Pemodelan

- Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, antara lain:
- a. tahap pertama, melakukan studi referensi data parameter material dari berbagai referensi yang tersedia.
 - b. tahap kedua, melakukan analisis defleksi menggunakan *software plaxis* dengan pemodelan 2 lapisan dan pemodelan 3 lapisan dengan berbagai variasi tebal material perkerasan lentur dengan konsolidasi selama 5 tahun (1800 hari).
 - c. tahap ketiga, membandingkan hasil analisis defleksi menggunakan *software plaxis* untuk pemodelan 2 lapisan dengan 3 lapisan. Pada program *plaxis* yang digunakan pada penelitian ini perlu melalui tigatahapan utama, yaitu *plaxis Input*, *plaxis Calculation*, *plaxis Output*. Setiap tahapan dapat dijelaskan sebagai berikut:

3.3.1 *plaxis Input*

Tahapan ini adalah penggambaran model kasus yang akan dilakukan analisis, oleh karena itu harus didasarkan pada kondisi di lapangan atau desain yang akan digunakan. Tahapan ini dapat dijelaskan lebih rinci sebagai berikut:

1. Tahapan *general setting*
Tahap ini merupakan penentuan kondisi awal geometri yang terdiri daridua tab sheet yaitu *project setting* dan *dimension setting*.
 - a. *project box*, menentukan nama *file* sesuai keinginan;
 - b. *general box*, terdapat pilihan model yang dapat dipilih yaitu *planestrain* dan *axisymmetry*. Selain itu, disediakan pula pilihan jumlah titik nodal untuk elemen segitiga yaitu enam dan lima belas. Pada penelitian ini, digunakan model *axisymmetry* dengan elemen segitigalima belas nodal,
 - c. *Accelation box*, nilai *x-acceleration* dan *y-acceleration* ditetapkan pada angka nol, yang menggambarkan

keadaan normal yaitu arah gravitasi kebawah dengan besar nilai percepatan gravitasi sebesar 9,81 m/s²

1.2. *Dimension setting.* Terdiri dari tiga *box setting* sebagai berikut :

- a. *unit box*, berisi pilihan satuan. Pada penelitian ini menggunakan satuan meter untuk besaran panjang, kN untuk besaran berat dan hari untuk besaran waktu,
- b. *geometry dimension box*, untuk memasukkan batasan-batasan bidanggambar,
- c. *grid box*, untuk menentukan jarak spasi antar titik dan interval dalam satu spasi.

2. Tahapan Pemodelan dan Penetapan Kondisi Batas
 Pemodelan harus disesuaikan dengan kondisi dilapangan. Pemodelan pada penelitian ini menggunakan pemodelan 3 lapisan dan 2 lapisan perkerasan lentur sesuai penjelasan sebelumnya. Dalam penentuan kondisi batas, dilakukan dengan melakukan pemilihan jenis *fixities*. Penelitian ini menggunakan pemilihan standart *fixities* dengan batas kiridan kanan hanya mengalami perpindahan vertikal ($ux = 0$ dan $uy \neq 0$) dan padabatas bawah hanya mengalami perpindahan arah horizontal ($ux \neq 0$ dan $uy = 0$)

3. Tahapan Input Data Material
Properties material dapat diisikan sesuai data yang dimiliki atau berupa nilai estimasi apabila data tidak tersedia. Empat *material sets* tersedia dalam *software plaxis* antara lain *soil & interfaces*, *plates*, *geogrid* dan *anchor*. Penelitian ini menggunakan satu *material sets* yaitu *soil & interfaces*. *Soil & interfaces*, didalamnya terdapat tiga *tabsheet* yaitu sebagai berikut:

- a. *general setting*, untuk menentukan model material, tipe material, berat volume tanah dan nilai koefisien permeabilitas. Model material adabeberapa pilihan, antara lain *Linier Elastic Model*, *Mohr-Coulomb Model*, *Jointed-Rock Model*, *Hardening Soil Model*,

Soft Soil Model, dan *Soft SoilCreep Model*. Penelitian ini menggunakan *Elastic Linier Model* untuk aspal, *Mohr-Coulomb Model* untuk lapis pondasi dan tanah dasar. Pilihan jenis tipe material yang tersedia antara lain *drained*, *undrained* dan *nonporous*,

- b. *parameter setting*, diperlukan data nilai modulus elastisitas, *poisson's ratio*, kohesi, sudut gesek internal dan sudut dilatansi untuk input data material *Mohr-Coulomb Model*, sedangkan untuk input data material *Linier-elastic* adalah modulus elastisitas dan *poisson's ratio Model*..
- c. *Interfaces setting*, terdiri dari rigid dan manual. Ketentuan dilakukannya rigid apabila *interfaces* tidak mempengaruhi struktur, dengan nilai $R_{inter} = 1$, namun dapat diisikan nilai lain yang diinginkan, apabila keberadaan *interfaces* mempengaruhi struktur yaitu dengan menggunakan pilihan manual.

4. Tahapan *mesh generation*

Konstruksi dibagi menjadi elemen-elemen segitiga yang sangat banyak dan tidak beraturan untuk selanjutnya digunakan dalam proses diskrisasi. Semakin banyak elemen segitiga yang membaginya, maka akan semakin teliti, namun membutuhkan proses yang lama. Terdapat lima tingkatan ketelitian yang tersedia, yaitu *very course*, *course*, *medium*, *fine* dan *very fine*.

5. Tahapan *mesh generation*

Kondisi awal tekanan air dan tegangan tanah dari konstruksi dimodelkan pada tahapan ini

- a. kondisi awal tekanan air (*initial water pressure*), penggambaran tinggi muka air tanah dilakukan dengan *phreatic line*. Pada tahapan ini penggambaran tekanan air berada di bawah tanah dasar atau tidak diperhitungkan karena permukaan air dianggap berada jauh dari perkasan jalan.

- b. kondisi awal tegangan tanah (*initial stress*), terlebih dahulu dilakukan penonaktifan lapisan perkerasan lentur, kemudian dilakukan perhitungan tegangan awal dengan *K0-procedure*.

3.3.2 *Plaxis Calculation*

Tahapan ini menggambarkan proses yang terjadi pada konstruksi diteliti. Empat pilihan analisis perhitungan dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan, yaitu *plastic analysis*, *consolidation analysis*, *phi-c reduction analysis* dan *dynamicanalysis*, selain itu terdapat pula fasilitas advanced yang berupa update mesh yang akan digunakan konstruksi dengan deformasi yang besar. Penelitian ini menggunakan analisis *plastic analysis* karena hanya akan melihat defleksi perkerasan lenturnya. Beberapa tahapan yang digunakan sebagai berikut:

- a. Penggambaran kontruksi perkerasan lentur dengan mengaktifkan lapisan perkerasan lentur. Pada pemodelan 3 lapisan maka diaktifkan 3 lapisan perkerasan lentur yaitu lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapispondasi bawah. Pada pemodelan 2 lapisan diaktifkan lapisan perkerasanlentur.
- b. Penggambaran pembebanan kendaraan, berupa tekanan ban. Tekanan banyang diberikan 480 kN/m² dan beban lalu lintas jalan arteri >10 ton dengan asumsi satu kali pembebanan. Penggambaran ini dengan mengaktifkan tekanan ban.
- c. Untuk variasi tebal lapis perkerasan tahapan 1 dan 2 bisa diulang dengan dengan mengganti setiap tebal material perkerasan yang direncanakan. Pemodelan ini dapat pula dijadikan satu file sendiri untuk pemodelan variasi tebal karena pada tahap penetapan kondisi batas tebalnya harus diubah setelah dilakukan penetapan tahapan pelaksanaannya maka dapat menjalankan perhitungan. Sebelum melakukan perhitungan dapat pula memilih

titik tinjauan yang diinginkan untuk melihat deformasi, tekanan air pori, tegangan dan regangan yang ada dititik tersebut yang merupakan hasil perhitungan *plaxis*.

3.3.3 *PlaxisOutput*

Tahapan ini merupakan tahapan akhir adalah pemaparan hasil analisis, dapat berupa tabel, grafik dan gambar. Penelitian ini meninjau defleksi yaitu bisa dilihat pada deformasi tanah dasar yang berupa perpindahan vertikal. Nilai-nilai yang dihasilkan *plaxis* output ini menggambarkan nilai kritis untuk setiap elemen, titik nodal maupun nilai yang inin diketahui pada titik atau lokasi yang diinginkan. Hasil yang dibandingkan adalah hasil dari analisis 2 lapisan perkerasan lentur menggunakan semen komposit dibandingkan dengan 3 lapisan perkerasan penggunaan lapis pondasi bawah (pasir batu) dan lapis pondasi atas (batu belah) dimana tebal lapisan perkerasan yang ada diasumsikan oleh penulis.

3.4 Prosedur perhitungan rencana anggaran biaya

Pada penelitian ini juga dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya lapisan perkerasan lentur 3 lapisan dan lapisan perkerasan lentur 2 lapisan. Terdapat beberapa tahap dalam perhitungan rencana anggaran biaya sebagai berikut:

- a. Melakukan studi harga satuan pekerjaan pada perkerasan jalan raya, pada penelitian ini menggunakan harga satuan pekerjaan dari Pemkot Surabaya yang akan digunakan untuk perhitungan biaya pada perkerasan lentur 3 lapisan. Sedangkan pada perkerasan lentur 2 lapisan penulis membuat harga satuan pekerjaan yang berdasarkan literatur dari beberapa buku dan dari pengamatan yang telah dilakukan.
- b. Menentukan metode pelaksanaan yang akan digunakan pada pekerjaan perkerasan lentur 2 lapisan dan perkerasan lentur 3 lapisan.

- c. Menghitung volume setiap item pekerjaan pada perkerasan lentur 2 lapisan dan perkerasan lentur 3 lapisan.
- d. Melakukan perhitungan rencana anggaran biaya perkeraan lentur 2 lapisan dan perkerasan lentur 3 lapisan, yang berdasarkan pada analisa harga satuan pekerjaan dan volume pekerjaan setiap lapisan perkerasan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Defleksi

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data yang ada pada beberapa sumber seperti jurnal, buku, peraturan (*code*). Data yang diambil adalah data yang mendukung dalam pembuatan model dan membatasi pemodelan tersebut. Data yang digunakan yaitu sebagai berikut:

- a) Pembebanan kontak dan ban
- b) Batasan asumsi pemodelan perkerasan konvensional dan perkerasan semen komposit komposit pada program bantu *Plaxis*
- c) Parameter material tiap lapis perkerasan lentur

4.2 Pemodelan Konstruksi

Pemodelan konstruksi pada program bantu *Plaxis* diawali dengan pemodelan pembebanan. Pembebanan pada penelitian ini menggunakan tekanan kontak ban minimal yang diberikan pada perkerasan lentur dan komposit tersebut. Tekanan kontak ban minimal sebesar 480 kN/m² menurut standar *Asphalt Institute* dengan lebar kontak ban dengan perkerasan konvensional dan perkerasan semen komposit sebesar 30 cm. Bentuk penampang yang menerima tekanan dianggap persegi. Tekanan kontak ban tersebut setara dengan beban 43,2 kN atau 4,32 ton. Beban dihitung sebagai berikut:

$$F = p \times A = 480 \times (0,3 \times 0,3) = 43,2 \text{ kN}$$

Berdasarkan peraturan PP no.43 th.1993 pasal 11, muatan sumbu terberat (MST) kendaraan yang diizinkan melewati jalan kelas 1 (jalan arteri) adalah sebesar 10 ton. Beban tersebut dibagi dua pada kedua ban sehingga batas maksimal dari tekanan kontak ban adalah 5 ton. Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa beban yang digunakan dibawah maksimal

beban kendaraan karena tekanan ban yang membebani perkerasan kurang lebih 90% dari tekanan yang diberikan.

Asumsi pemodelan ini menjadi batasan untuk menganalisis defleksi. Asumsi- asumsi yang digunakan pada pemodelan pada *Plaxis* adalah sebagai berikut:

- a. Jalan yang digunakan pada pemodelan adalah Jalan kelas 1 (jalan arteri) dengan lebar 8 meter. Dengan analisis menggunakan model *axisymmetry*.
- b. Input parameter pada material lapis permukaan menggunakan *Linier-Elastic* dan untuk lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah menggunakan *Mohr Coulomb*.
- c. Muka air tanah tidak ditinjau atau dianggap berada jauh ditanah dasar.
- d. Parameter material yang digunakan pada input *Plaxis* ditetapkan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2
- e. Faktor reduksi antarmuka (*Rinterface*) secara otomatis *Plaxis* menganggap dengan nilai 1.
- f. Tebal lapisan setiap lapis permukaan divariasikan sesuai rencana penelitian.

4.3 Parameter Perkerasan Lentur dan Komposit

Parameter material yang digunakan merupakan nilai tipikal yang ada dilapangan yang akan dijadikan input analisis defleksi. Material yang digunakan adalah Aspal dengan suhu 68 – 70 °F, batu pecah kelas A, pasir berbatu. Pemodelan dilakukan dua jenis pemodelan yaitu pemodelan 3 lapisan dan pemodelan 2 lapisan. Parameter material untuk pemodelan 3 lapisan ditunjukkan pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Parameter pemodelan perkerasan lentur 3 lapisan

Parameter	Aspal	Lapisan pondasi atas	Lapisan pondasi bawah	Tanah dasar	unit
Berat tak jenuh	20	21	16	14	kN/m ³
Berat jenuh		22	18	16	kN/m ³
Permeabilitas	8,640E-5	12E+03	4,3E+02	0,864	m/day
Poisson ratio		0,35	0,5	0,35	-
Kohesi		55	30	14	kN/m ²
Sudut gesek		52	40	1	°
Modulus	2,758E+06	3,1E+04	1,3E+03	6,205E+04	kN/m ²
CBR	-	-	-	6	%

Parameter material untuk pemodelan 2 lapisan ditunjukkan pada Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Parameter pemodelan perkerasan lentur 2 lapisan

Parameter	Aspal	Semen Komposit	Tanah dasar	unit
Berat tak jenuh	20	18	14	kN/m ³
Berat jenuh	21	20	16	kN/m ³
Permeabilitas	8,640E-5	1.0E-04	0,864	m/day
Poisson ratio	0,35	0,15	0,35	-
Kohesi	-	1000	14	kN/m ²
Sudutgesek	-	1	1	°
Modulus Elastisitas	2.758E+06	7.850E+07	6,205E+04	kN/m ²
CBR	-	-	6	%

4.4 Parameter Tebal Perkerasan

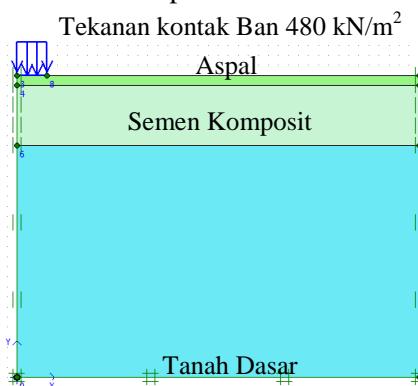
Pemodelan pada analisa ini yaitu dengan menetapkan tebal lapis perkerasan lentur 3 lapisan dan tebal perkerasan lentur 2 lapisan serta meninjau defleksi yang terjadi. Setiap tinjauan analisa

lapisan perkerasan dilakukan dua jenis pemodelan seperti penjelasan diatas.

Geometri pada pemodelan alisa ini menggunakan ukuran pemodelan $4 \times 3\text{m}$ dengan variasi tebal total perkerasan lentur diatas tanah dasar. Pemodelan dilakukan dengan model *axisymmetry* sehingga ditinjau setengah dari lebar total perkerasan lentur. Pemodelan perkerasan lentur 3 lapisan ditampilkan pada gambar 4.1 dan 2 lapisan pada gambar 4.2 untuk perhitungan analisis defleksi dengan variasi ketebalan adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Pemodelan perkerasan lentur 3 lapisan



Gambar 4.2 Pemodelan perkerasan lentur 2 lapisan

Tebal lapis perkerasan yang akan diuji pada perencanaan di *plaxis* disajikan pada tabel 4.3 berikut ini:

Tabel 4.3 Parameter tebal perkerasaan

Lapisan	Aspal	Lapis Pondasi Atas	Lapis Pondasi Bawah	Lapis Semen Komposit
Tebal Lapisan Perkerasan 1	10	30	30	-
Tebal Lapisan Perkerasan 2	10	30	35	-
Tebal Lapisan Perkerasan 3	10	35	35	-
Tebal Lapisan Perkerasan 4	10	40	45	-
Tebal Lapisan Perkerasan 5	10	45	45	-
Tebal Lapisan Perkerasan 6	10	-	-	60
Tebal Lapisan Perkerasan 7	10	-	-	65
Tebal Lapisan Perkerasan 8	10	-	-	70
Tebal Lapisan Perkerasan 9	10	-	-	85
Tebal Lapisan Perkerasan 10	10	-	-	90

*) satuan dalam cm

4.5 Analisis Defleksi Berdasarkan Variasi Tebal Lapisan Perkerasan

- a. Hasil analisa pada Lapisan Perkerasan 1

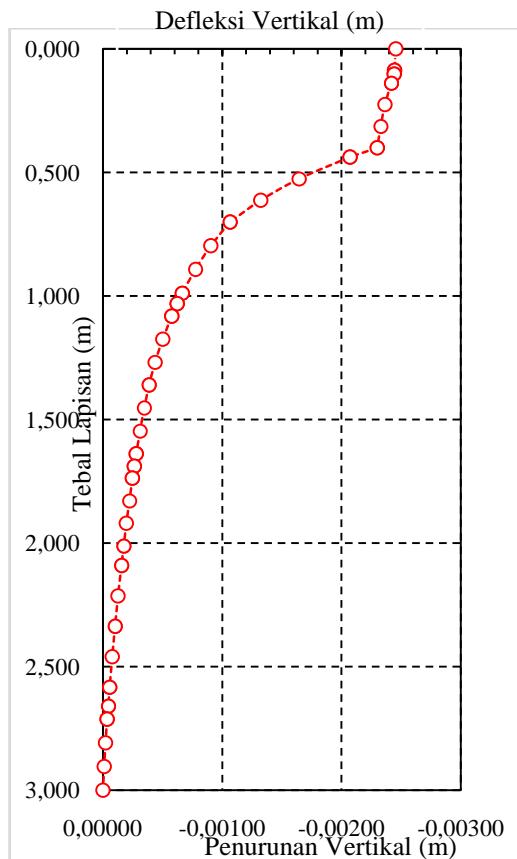
Berdasarkan analisa software plaxis dapat dihasilkan defleksi berupa tabel dan gambar sebelum konsolidasi dan setelah konsolidasi 1800 hari.

- a.1 Hasil rekapitulasi analisis defleksi pada lapisan perkerasan 1 disajikan pada tabel 4.4 berikut ini:

Tabel 4.4 Hasil defleksi maksimum pada lapisan perkerasan 1

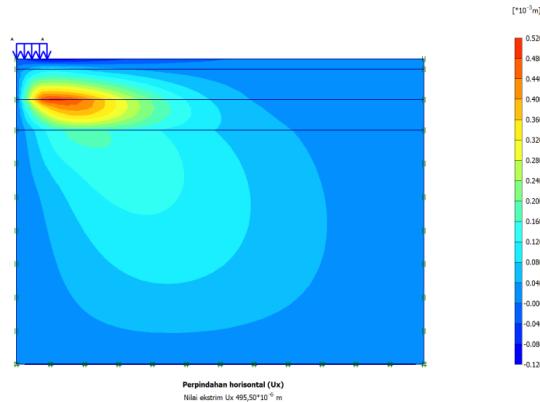
Tebal Lapisan (m)	Defleksi (m)
0,00	-0,00246
0,54	-0,00207
1,17	-0,00066
1,54	-0,00034
2,01	-0,00022
2,56	-0,00008
3,00	0

- a.2 Hasil analisis hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal yang terjadi pada lapisan perkerasan 1 disajikan pada gambar 4.3 berikut ini:



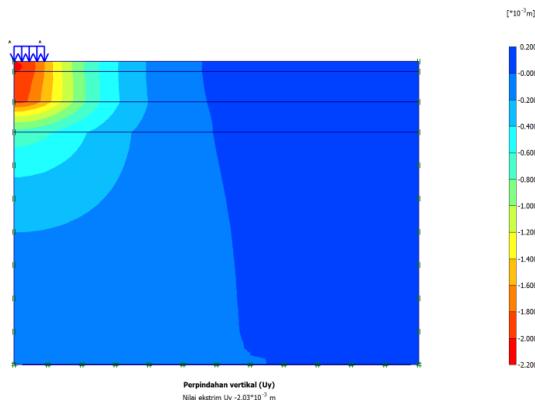
Gambar 4.3 Grafik Hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 1

- a.3 Hasil analisis perpindahan horisontal (ux) yang terjadi pada lapisan perkerasan 1 disajikan pada gambar 4.4 berikut ini:



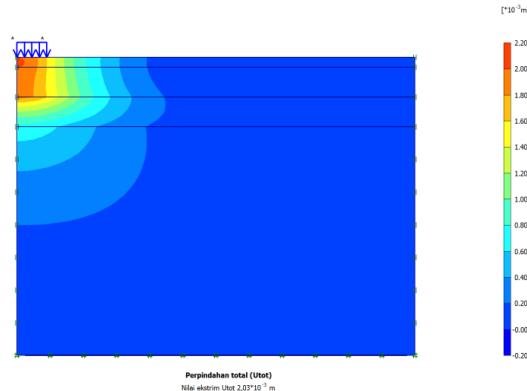
Gambar 4.4 Perpindahan Horisontal (Ux) Lapisan Perkerasan 1

- a.4 Hasil analisis perpindahan vertikal (uy) yang terjadi pada lapisan perkerasan 1 disajikan pada gambar 4.5 berikut ini:



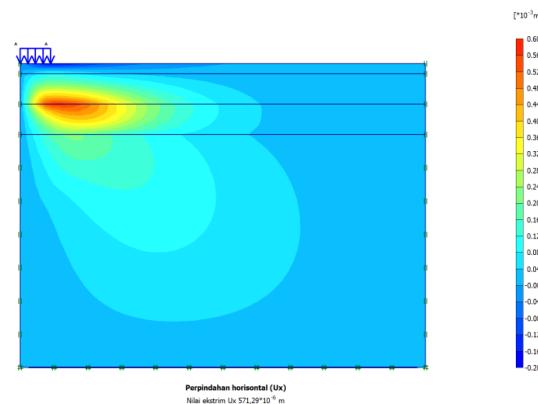
Gambar 4.5 Perpindahan Veritikal (Uy) Lapisan Perkerasan 1

a.5 Hasil analisis perpindahan total yang terjadi pada lapisan perkerasan 1 disajikan pada gambar 4.6 berikut ini:



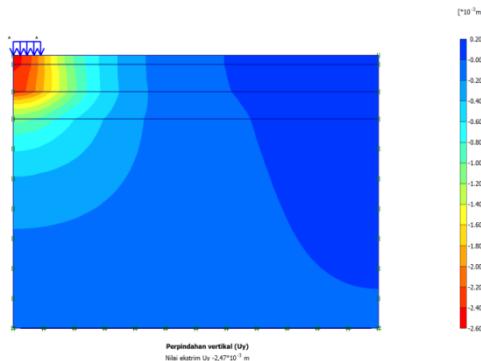
Gambar 4.6 Perpindahan Total Lapisan Perkerasan 1

a.6 Hasil analisis perpindahan horisontal (u_x) berdasarkan konsolidasi 1800 hari, yang terjadi pada lapisan perkerasan 1 disajikan pada gambar 4.7 berikut ini:



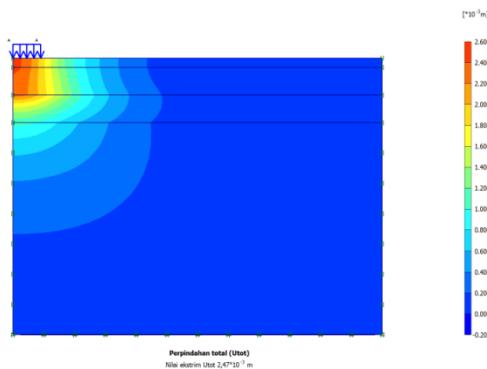
Gambar 4.7 Perpindahan Horisontal (u_x) Lapisan Perkerasan 1 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- a.7 Hasil analisis perpindahan vertikal (uy) berdasarkan konsolidasi 1800 hari, yang terjadi pada lapisan perkerasan 1 disajikan pada gambar 4.8 berikut ini:



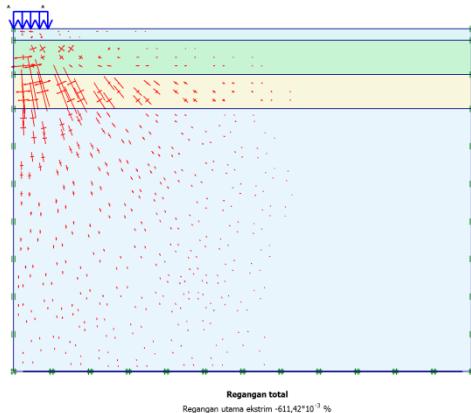
Gambar 4.8 Perpindahan Vertikal (U_y) Lapisan Perkerasan 1 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- a.8 Hasil analisis perpindahan total berdasarkan konsolidasi 1800 hari, yang terjadi pada lapisan perkerasan 1 disajikan pada gambar 4.9 berikut ini:



Gambar 4.9 Perpindahan Total Tebal Perkerasan 1 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- a.9 Hasil analisis peningkatan regangan berdasarkan konsolidasi 1800 hari, yang terjadi pada lapisan perkerasan 1 disajikan pada gambar 4.9 berikut ini:



Gambar 4.10 Peningkatan Regangan Tebal Perkerasan 1
Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 Hari

b. Hasil analisa pada Lapisan Perkerasan 2

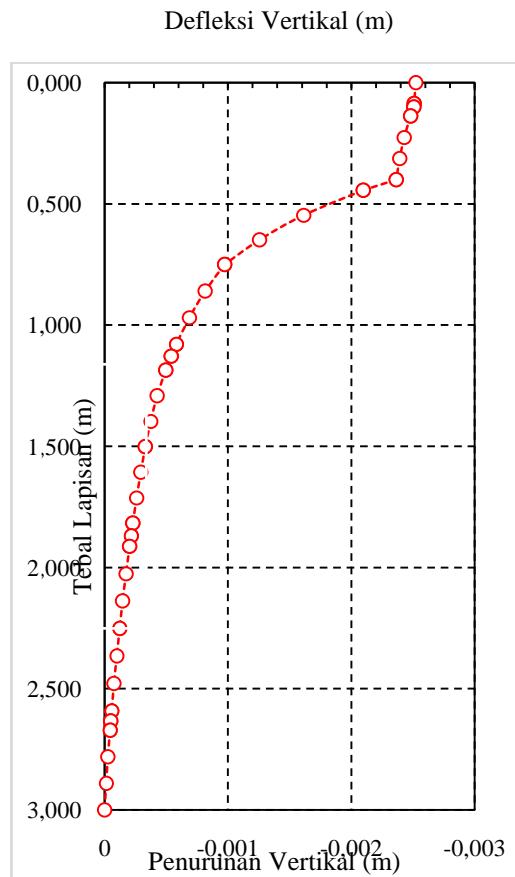
Berdasarkan analisa software plaxis dapat dihasilkan defleksi berupa tabel dan gambar sebelum konsolidasi dan setelah konsolidasi 1800 hari.

b.1 Hasil rekapitulasi analisis defleksi pada lapisan perkerasan 2 disajikan pada tabel 4.5 berikut ini:

Tabel 4.5 Hasil defleksi maksimum pada tebal lapisan 2

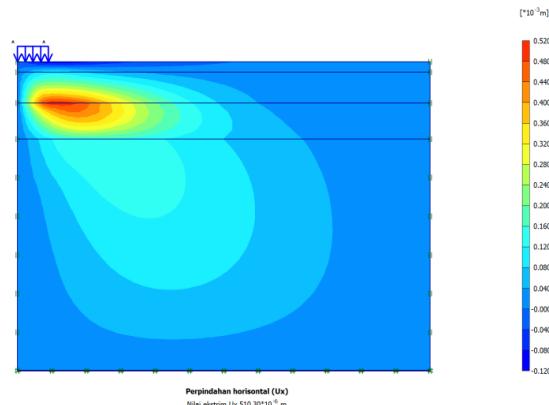
Tebal Lapisan (m)	Defleksi (m)
0,00	-0,00252
0,40	-0,0021
1,08	-0,00069
1,49	-0,00033
2,03	-0,0002
2,55	-0,00005
3,00	0

- b.2 Hasil analisis hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal yang terjadi pada lapisan perkerasan 2 disajikan pada gambar 4.11 berikut ini:



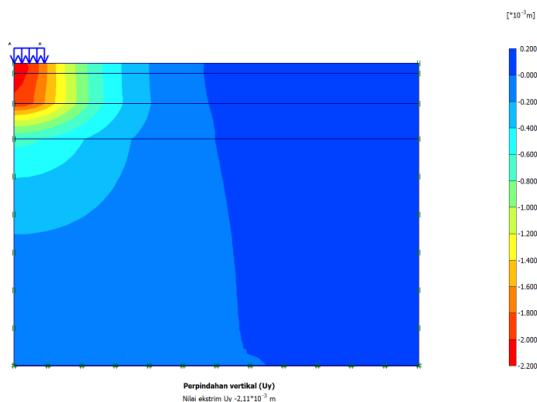
Gambar 4.11 Grafik Hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 2

- b.3 Hasil analisis perpindahan horisontal (u_x) yang terjadi pada lapisan perkerasan 2 disajikan pada gambar 4.12 berikut ini:



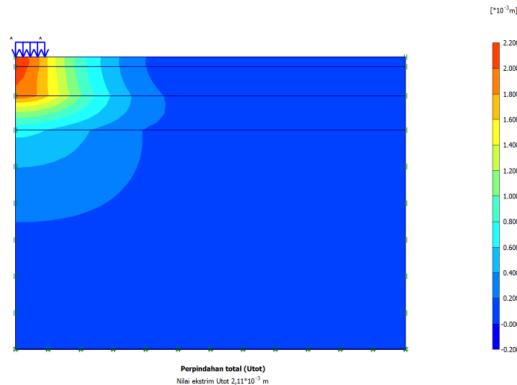
Gambar 4.12 Perpindahan Horisontal (U_x) lapisan Perkerasan 2

- b.4 Hasil analisis perpindahan vertikal (u_y) yang terjadi pada lapisan perkerasan 2 disajikan pada gambar 4.13 berikut ini:



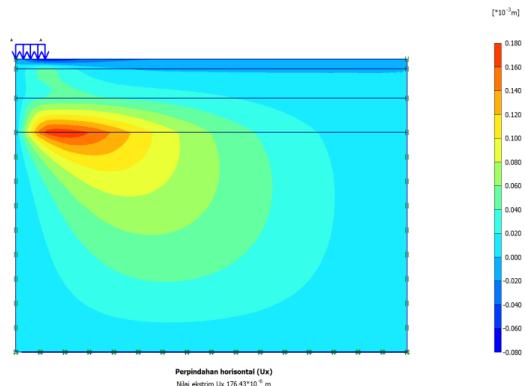
Gambar 4.13 Perpindahan Veritikal (U_y) lapisan Perkerasan 2

b.5 Hasil analisis perpindahan total yang terjadi pada lapisan perkerasan 2 disajikan pada gambar 4.14 berikut ini:



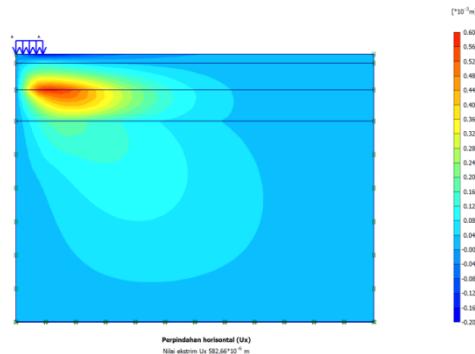
Gambar 4.14 Perpindahan Total lapisan Perkerasan 2

b.6 Hasil analisis perpindahan horisontal (ux) berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 2 disajikan pada gambar 4.15 berikut ini:



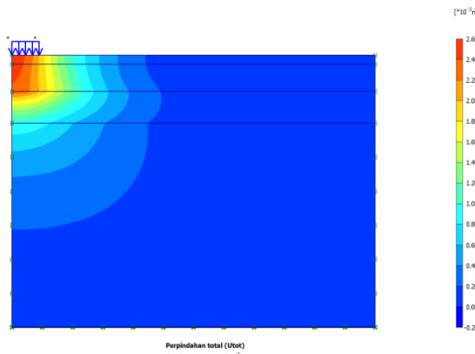
Gambar 4.15 Perpindahan Horisontal (Ux) Lapisan Perkerasan 2
Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- b.7 Hasil analisis perpindahan vertikal (u_y) berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 2 disajikan pada gambar 4.16 berikut ini:



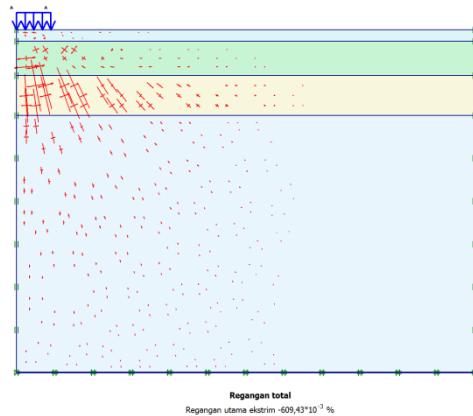
Gambar 4.16 Perpindahan Vertikal (u_y) Lapisan Perkerasan 2 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- b.8 Hasil analisis perpindahan total berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 2 disajikan pada gambar 4.17 berikut ini:



Gambar 4.17 Perpindahan Total Lapisan Perkerasan 2 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

b.9 Hasil analisis peningkatan regangan berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 2 disajikan pada gambar 4.18 berikut ini:



Gambar 4.18 Peningkatan Regangan Lapisan Perkerasan 2
Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 Hari

c. Hasil analisa pada Lapisan Perkerasan 3

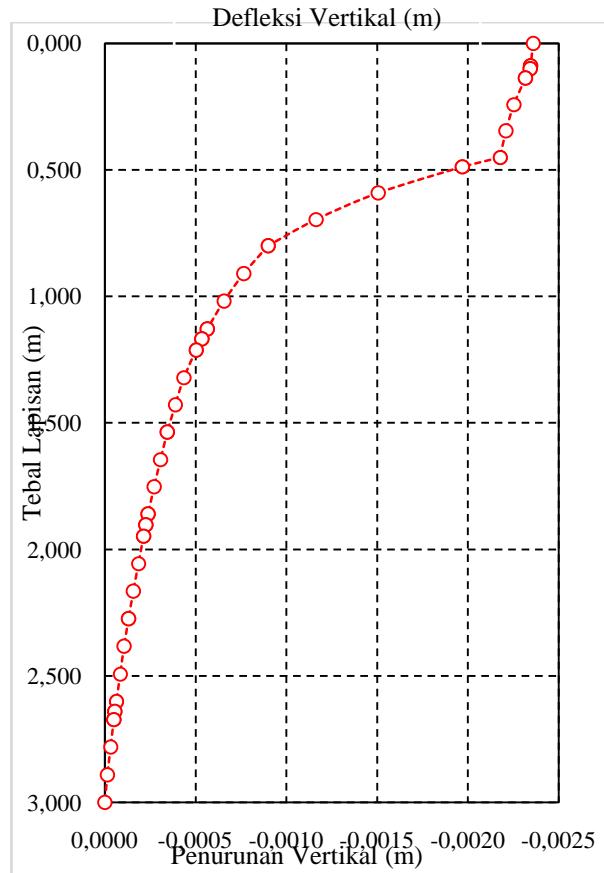
Berdasarkan analisa software plaxis dapat dihasilkan defleksi berupa tabel dan gambar sebelum konsolidasi dan setelah konsolidasi 1800 hari.

- c.1 Hasil rekapitulasi analisis defleksi pada lapisan perkerasan 3 disajikan pada tabel 4.6 berikut ini:

Tabel 4.6 Hasil defleksi maksimum pada tebal lapisan 3

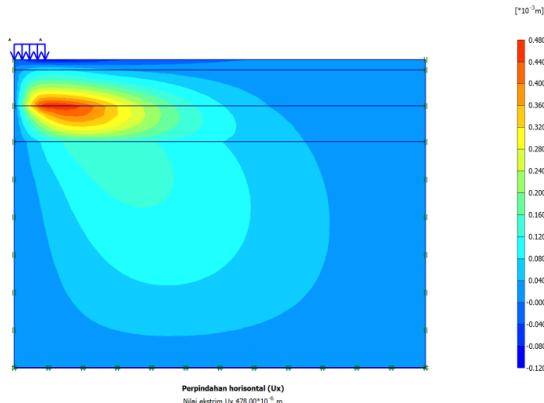
Tebal Lapisan (m)	Defleksi (m)
0,00	-0,0024
0,34	-0,0022
1,09	-0,0005
1,78	-0,0002
2,55	-0,0001
3,00	0

c.2 Hasil analisis hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal yang terjadi pada lapisan perkerasan 3 disajikan pada gambar 4.19 berikut ini:



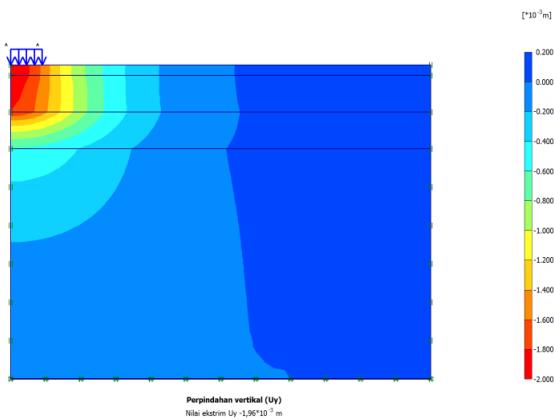
Gambar 4.19 Grafik Hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 3

c.3 Hasil analisis perpindahan horisontal (ux) yang terjadi pada lapisan perkerasan 3 disajikan pada gambar 4.20 berikut ini:



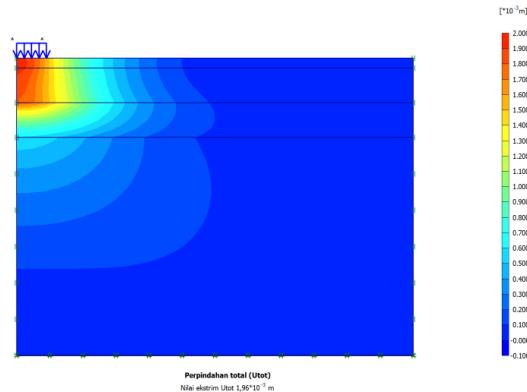
Gambar 4.20 Perpindahan Horisontal (Ux) Lapisan Perkerasan 3

c.4 Hasil analisis perpindahan vertikal (uy) yang terjadi pada lapisan perkerasan 3 disajikan pada gambar 4.21 berikut ini:



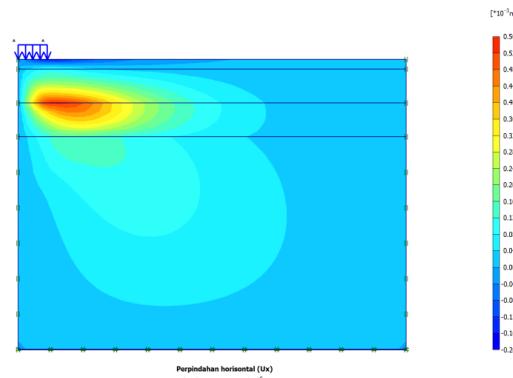
Gambar 4.21 Perpindahan Veritikal (Uy) Lapisan Perkerasan 3

c.5 Hasil analisis perpindahan total yang terjadi pada lapisan perkerasan 3 disajikan pada gambar 4.22 berikut ini:



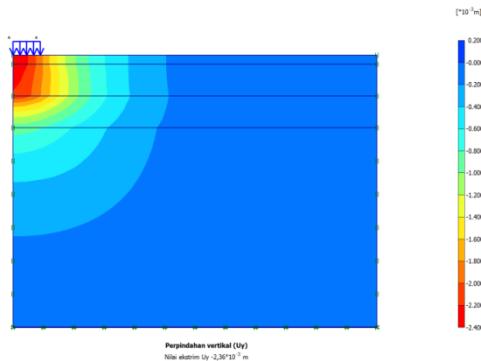
Gambar 4.22 Perpindahan Total Lapisan Perkerasan 3

c.6 Hasil analisis perpindahan horisontal berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 3 disajikan pada gambar 4.23 berikut ini:



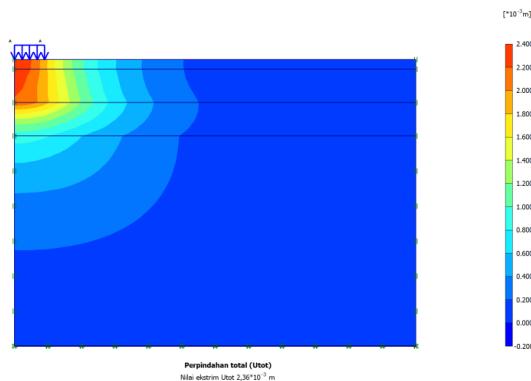
Gambar 4.23 Perpindahan Horisontal (Ux) Lapisan Perkerasan 3 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- c.7 Hasil analisis perpindahan vertikal (u_y) berdasarkan konsolidasi 1800 hari, yang terjadi pada lapisan perkerasan 3 disajikan pada gambar 4.24 berikut ini:



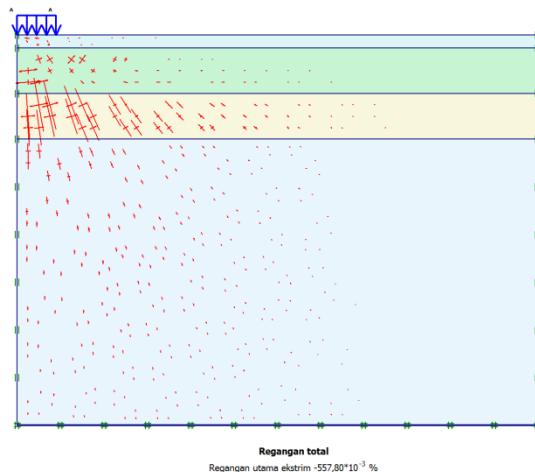
Gambar 4.24 Perpindahan Vertikal (u_y) Lapisan Perkerasan 3 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- c.8 Hasil analisis perpindahan total berdasarkan konsolidasi 1800 hari, yang terjadi pada lapisan perkerasan 3 disajikan pada gambar 4.25 berikut ini:



Gambar 4.25 Perpindahan Total Lapisan Perkerasan 3 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- c.9 Hasil analisis peningkatan regangan berdasarkan analisa konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 3 disajikan pada gambar 4.26 berikut ini:



Gambar 4.26 Peningkatan Regangan Lapisan Perkerasan 3
Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

d. Hasil analisa pada Lapisan Perkerasan 4

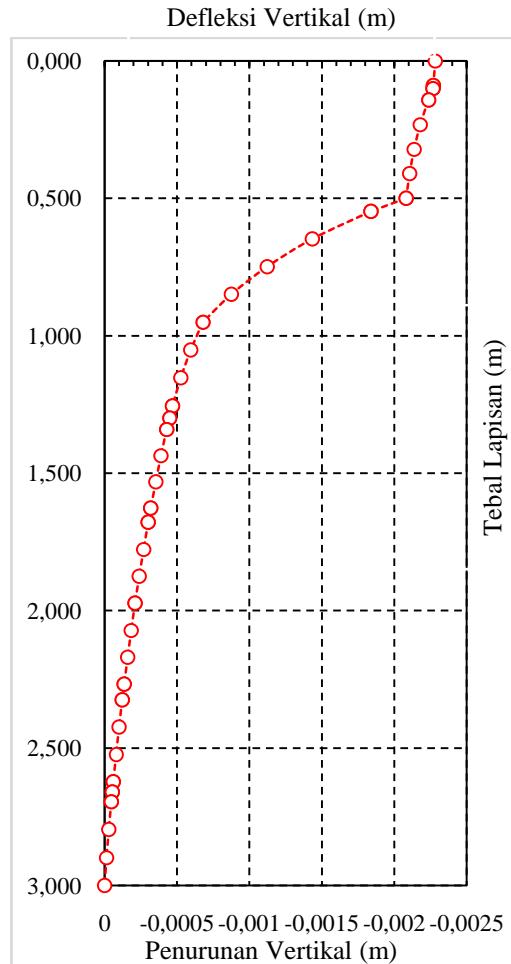
Berdasarkan analisa software plaxis dapat dihasilkan defleksi berupa tabel dan gambar sebelum konsolidasi dan setelah konsolidasi 1800 hari.

- d.1 Hasil rekapitulasi analisis defleksi pada lapisan perkerasan 4 disajikan pada tabel 4.7 berikut ini:

Tabel 4.7 Hasil defleksi maksimum pada lapisan perkerasan 4

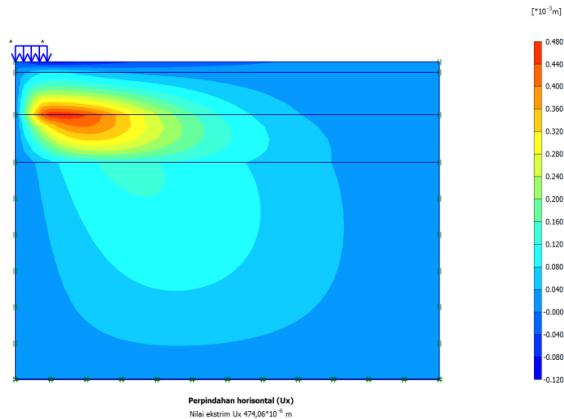
Tebal Lapisan (m)	Defleksi (m)
0,00	-0,00228
0,58	-0,00208
1,03	-0,00068
1,66	-0,00043
2,05	-0,00021
2,50	-0,00009
3,00	0

d.2 Hasil analisis hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal yang terjadi pada lapisan perkerasan 4 disajikan pada gambar 4.27 berikut ini:



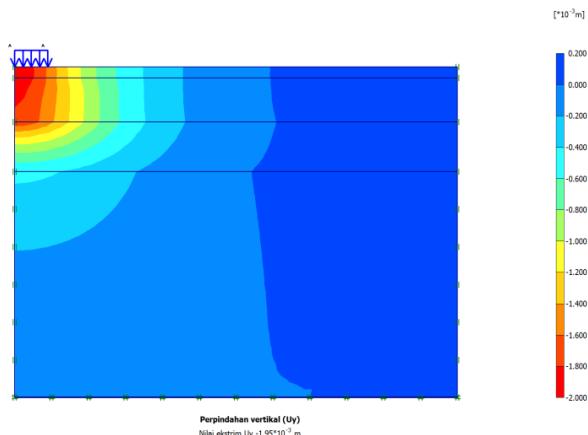
Gambar 4.27 Grafik Hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 4

d.3 Hasil analisis perpindahan horisontal (ux) yang terjadi pada lapisan perkerasan 4 disajikan pada gambar 4.28 berikut ini:



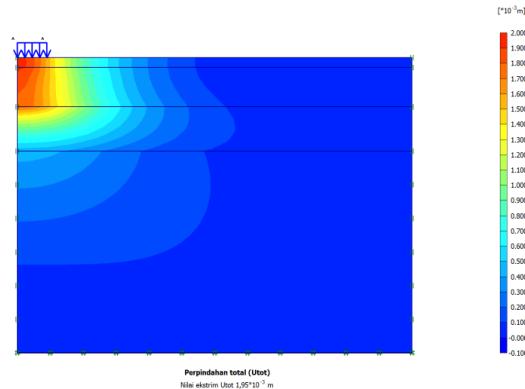
Gambar 4.28 Perpindahan Horisontal (Ux) Lapisan Perkerasan 4

d.4 Hasil analisis perpindahan vertikal (uy) yang terjadi pada lapisan perkerasan 4 disajikan pada gambar 4.29 berikut ini:



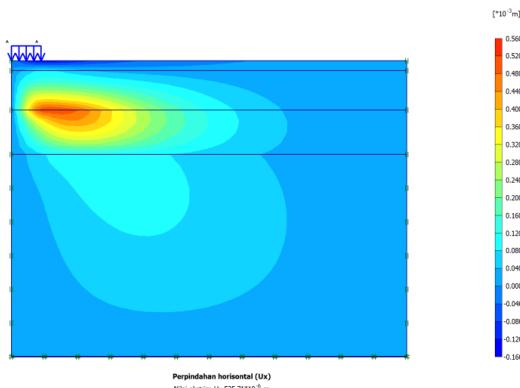
Gambar 4.29 Perpindahan Veritikal (Uy) Tebal Perkerasan 4

d.5 Hasil analisis perpindahan total yang terjadi pada lapisan perkerasan 4 disajikan pada gambar 4.30 berikut ini:



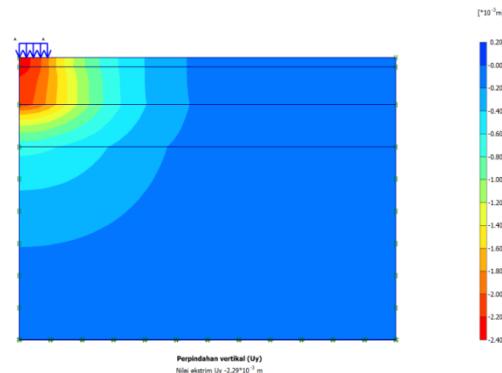
Gambar 4.30 Perpindahan Total Lapisan Perkerasan 4

d.6 Hasil analisis perpindahan horisontal (ux) berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 4 disajikan pada gambar 4.31 berikut ini:



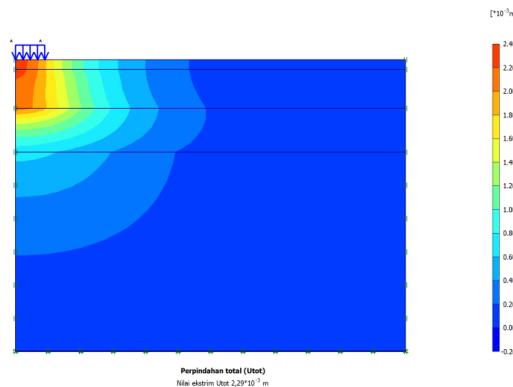
Gambar 4.31 Perpindahan Horisontal (Ux) Lapisan Perkerasan 4 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- d.7 Hasil analisis perpindahan vertikal (u_y) berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 4 disajikan pada gambar 4.32 berikut ini:



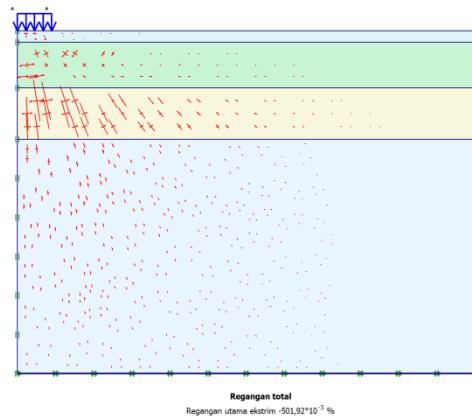
Gambar 4.32 Perpindahan Vertikal (Uy) Lapisan Perkerasan 4 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- d.8 Hasil analisis perpindahan total berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 4 disajikan pada gambar 4.33 berikut ini



Gambar 4.33 Perpindahan Total Lapisan Perkerasan 4 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

d.9 Hasil analisis oeningkatan regangan yang terjadi pada lapisan perkerasan 4 disajikan pada gambar 4.34 berikut ini:



Gambar 4.34 Peningkatan Regangan Lapisan Perkerasan 4

e. Hasil analisa pada Lapisan Perkerasan 5

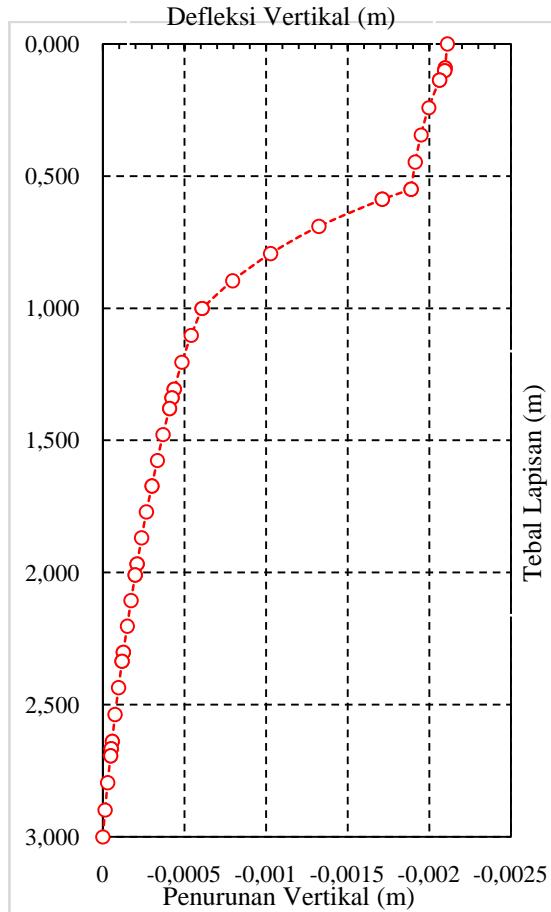
Berdasarkan analisa software plaxis dapat dihasilkan defleksi berupa tabel dan gambar sebelum konsolidasi dan setelah konsolidasi 1800 hari.

- e.1 Hasil rekapitulasi analisis defleksi pada lapisan perkerasan 5 disajikan pada tabel 4.8 berikut ini:

Tabel 4.8 Hasil defleksi maksimum pada lapisan perkerasan 5

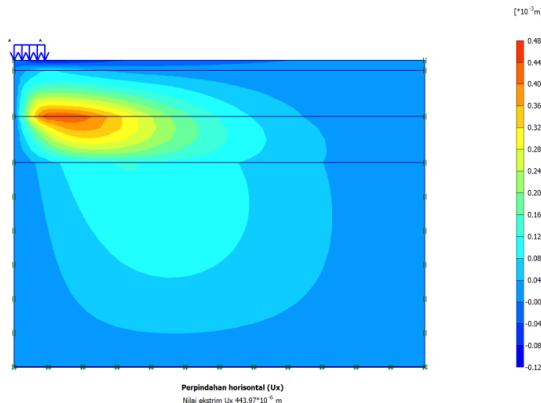
Tebal Lapisan (m)	Defleksi (m)
0,00	-0,00211
0,56	-0,00189
1,03	-0,00061
1,52	-0,00037
2,00	-0,00021
2,45	-0,00009
3,00	0

- e.2 Hasil analisis hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal yang terjadi pada lapisan perkerasan 5 disajikan pada gambar 4.35 berikut ini:



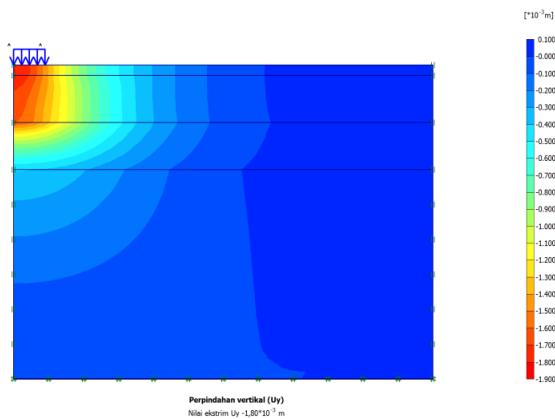
Gambar 4.35 Grafik Hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 5

e.3 Hasil analisis perpindahan horisontal (ux) yang terjadi pada lapisan perkerasan 5 disajikan pada gambar 4.36 berikut ini



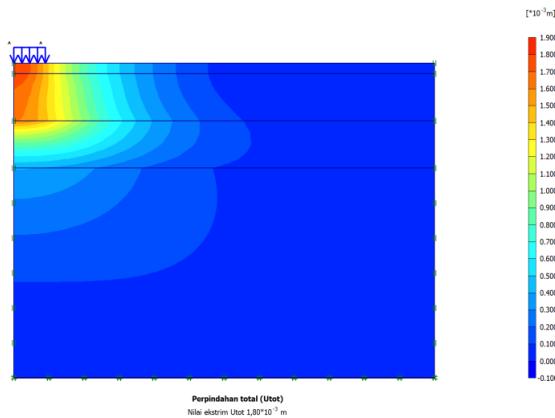
Gambar 4.36 Perpindahan Horisontal (Ux) Tebal Perkerasan 5

e.4 Hasil analisis perpindahan vertikal (uy) yang terjadi pada lapisan perkerasan 5 disajikan pada gambar 4.37 berikut ini



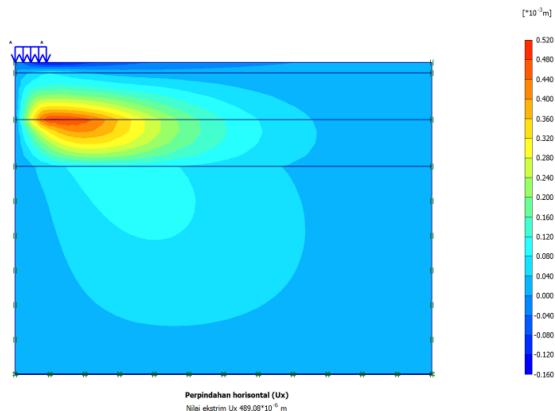
Gambar 4.37 Perpindahan Veritkal (Uy) Tebal Perkerasan 5

- e.5 Hasil analisis perpindahan total yang terjadi pada lapisan perkerasan 5 disajikan pada gambar 4.38 berikut ini



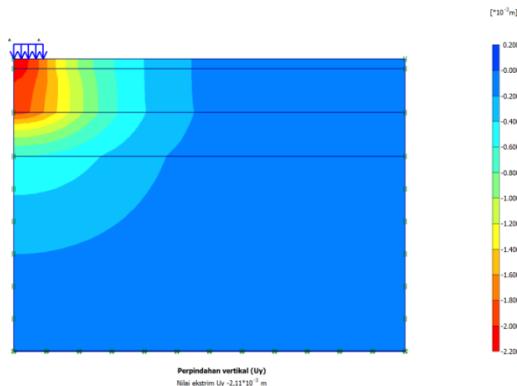
Gambar 4.38 Perpindahan Total Tebal Perkerasan 5

- e.6 Hasil analisis perpindahan horisontal (ux) berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 5 disajikan pada gambar 4.39 berikut ini



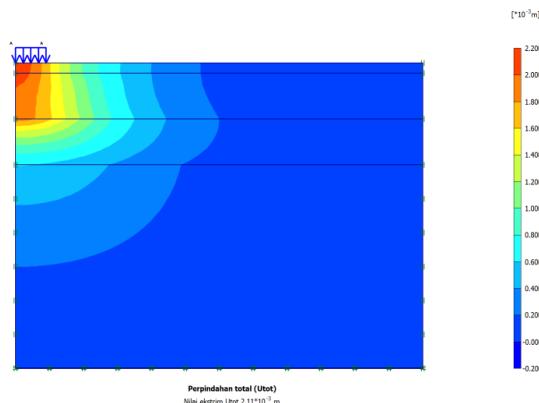
Gambar 4.39 Perpindahan Horisontal (Ux) Tebal Perkerasan 5
Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- e.7 Hasil analisis perpindahan vertikal (uy) berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 5 disajikan pada gambar 4.40 berikut ini



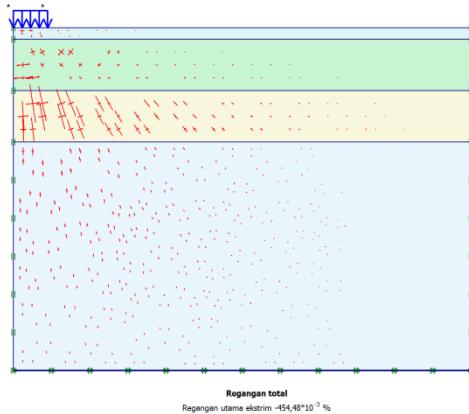
Gambar 4.40 Perpindahan Vertikal (Uy) Tebal Perkerasan 5 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- e.8 Hasil analisis perpindahan total berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 5 disajikan pada gambar 4.41 berikut ini



Gambar 4.41 Perpindahan Total Tebal Perkerasan 5 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- e.9 Hasil analisis peningkatan regangan berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 5 disajikan pada gambar 4.42 berikut ini



Gambar 4.42 Peningkatan Regangan Tebal Perkerasan 5
berdasarkan konsolidasi 1800 hari

f. Hasil analisa pada Lapisan Perkerasan 6

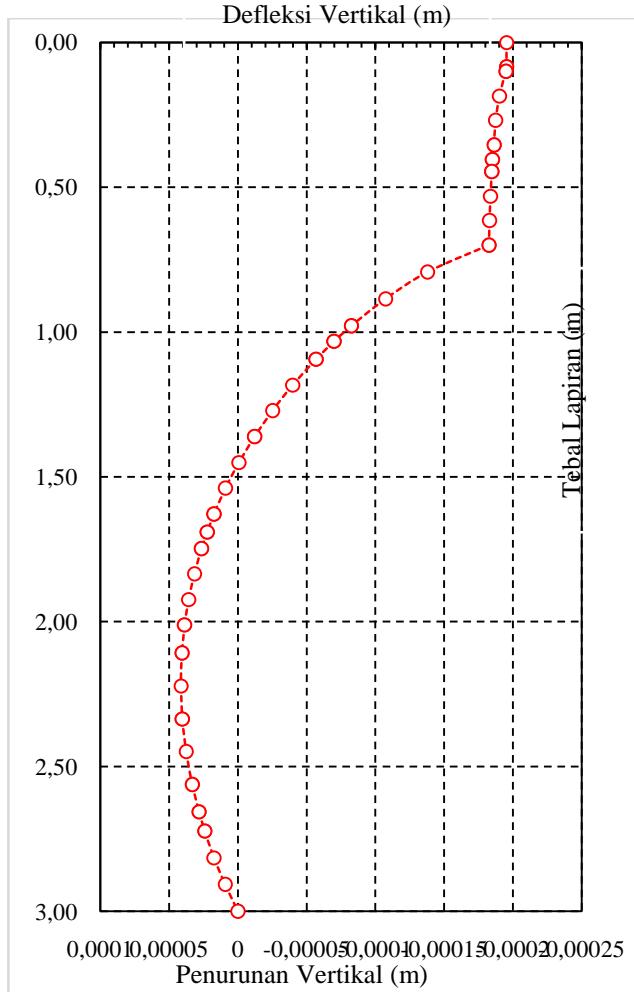
Berdasarkan analisa software plaxis dapat dihasilkan defleksi berupa tabel dan gambar sebelum konsolidasi dan setelah konsolidasi 1800 hari.

f.1 Hasil rekapitulasi analisis defleksi pada lapisan perkerasan 6 disajikan pada tabel 4.9 berikut ini

Tabel 4.9 Hasil defleksi maksimum pada tebal lapisan 6

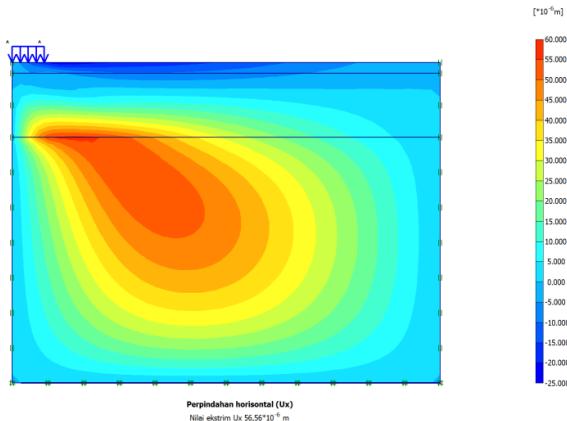
Tebal Lapisan (m)	Defleksi (m)
0,00	-0,0002
0,55	-0,00018
1,08	-8,2E-05
1,55	-8,3E-07
2,02	3,58E-05
2,47	3,78E-05
3,00	0

f.2 Hasil analisis hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal yang terjadi pada lapisan perkerasan 6 disajikan pada gambar 4.43 berikut ini



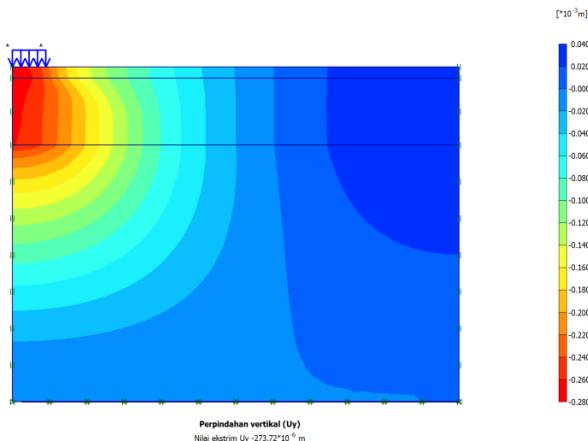
Gambar 4.43 Grafik Hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 6

- f.3 Hasil analisis perpindahan horisontal (u_x) yang terjadi pada lapisan perkasan 6 disajikan pada gambar 4.44 berikut ini



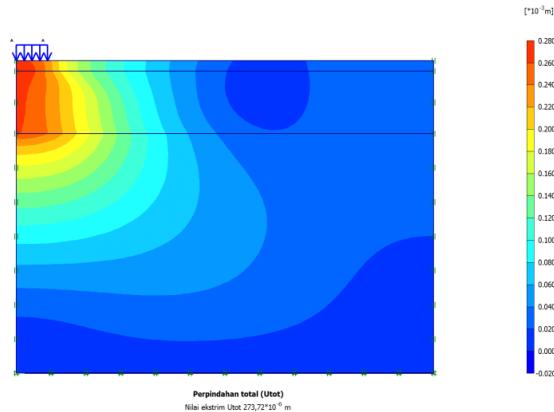
Gambar 4.44 Perpindahan Horisontal (U_x) Lapisan Perkerasan 6

- f.4 Hasil analisis perpindahan horisontal (u_y) yang terjadi pada lapisan perkasan 6 disajikan pada gambar 4.45 berikut ini



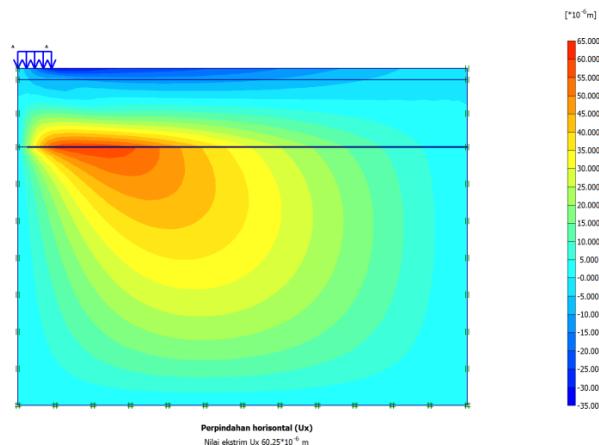
Gambar 4.45 Perpindahan Veritikal (U_y) Lapisan Perkerasan 6

- f.5 Hasil analisis perpindahan total yang terjadi pada lapisan perkerasan 6 disajikan pada gambar 4.46 berikut ini



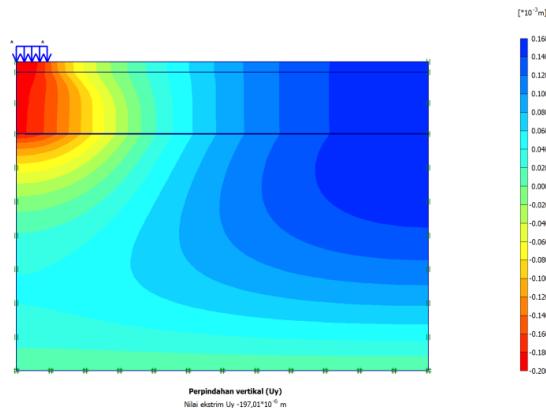
Gambar 4.46 Perpindahan Total Lapisan Perkerasan 6

- f.6 Hasil analisis perpindahan horisontal (ux) berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 6 disajikan pada gambar 4.47 berikut ini



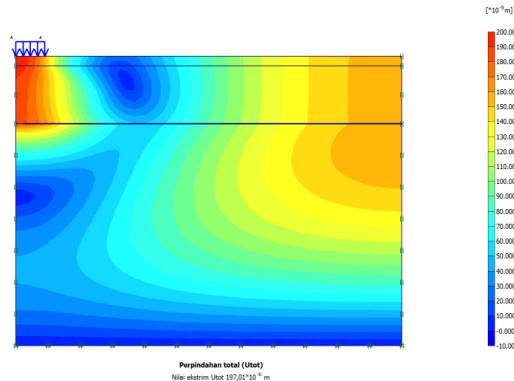
Gambar 4.47 Perpindahan Horisontal (Ux) Lapisan Perkerasan 6
Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- f.7 Hasil analisis perpindahan vertikal (uy) berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 6 disajikan pada gambar 4.48 berikut ini



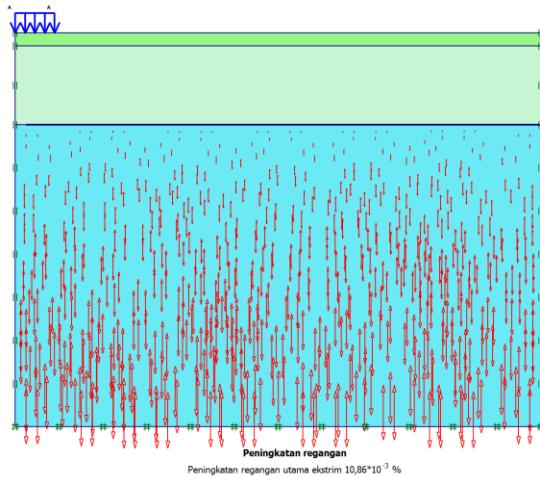
Gambar 4.48 Perpindahan Vertikal (Uy) Lapisan Perkerasan 6 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- f.8 Hasil analisis perpindahan total berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 6 disajikan pada gambar 4.49 berikut ini



Gambar 4.49 Perpindahan Total Lapisan Perkerasan 6 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

f.8 Hasil analisis peningkatan regangan berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 6 disajikan pada gambar 4.50 berikut ini



Gambar 4.50 Peningkatan Regangan Lapisan Perkerasan 6

g. Hasil analisa pada Lapisan Perkerasan 7

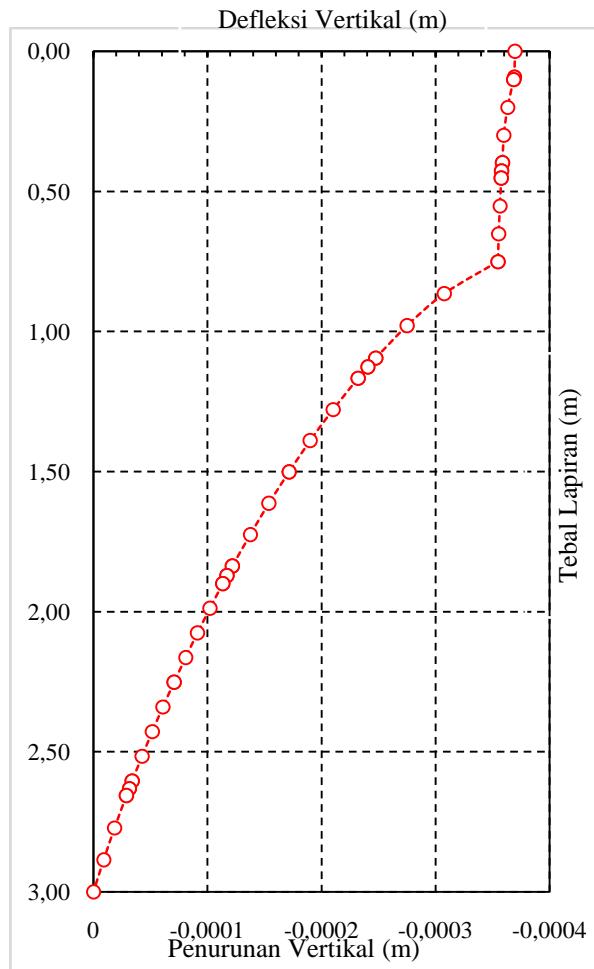
Berdasarkan analisa software plaxis dapat dihasilkan defleksi berupa tabel dan gambar sebelum konsolidasi dan setelah konsolidasi 1800 hari.

- g.1 Hasil rekapitulasi analisis defleksi pada lapisan perkerasan 7 disajikan pada tabel 4.10 berikut ini

Tabel 4.10 Hasil defleksi maksimum pada lapisan perkerasan 7

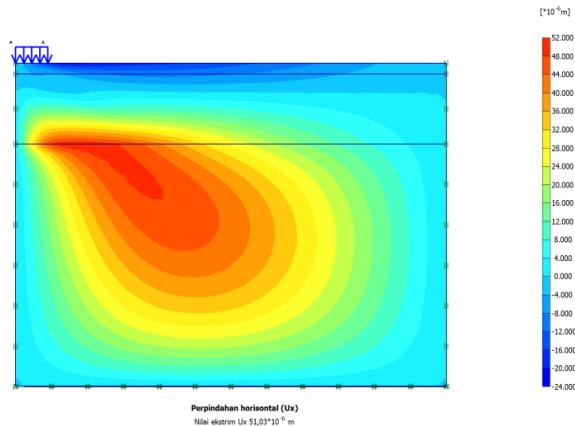
Tebal Lapisan (m)	Defleksi (m)
0,00	-0,00037
0,57	-0,00036
1,01	-0,00028
1,50	-0,00017
2,02	-0,0001
2,55	-5,2E-05
3,00	0

g.2 Hasil analisis hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal yang terjadi pada lapisan perkerasan 7 disajikan pada gambar 4.51 berikut ini



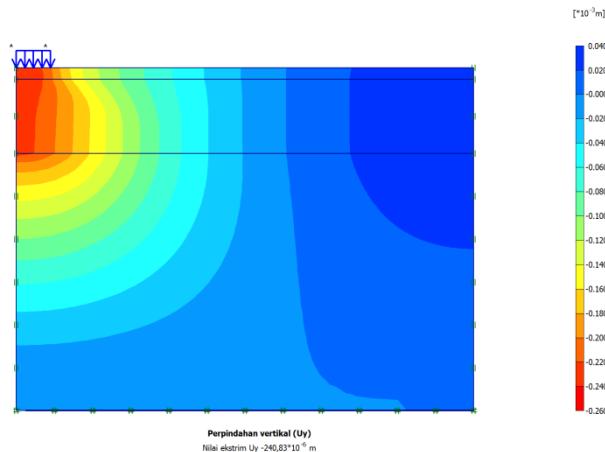
Gambar 4.51 Grafik Hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 7

g.3 Hasil analisis perpindahan horisontal (ux) yang terjadi pada lapisan perkerasan 7 disajikan pada gambar 4.52 berikut ini



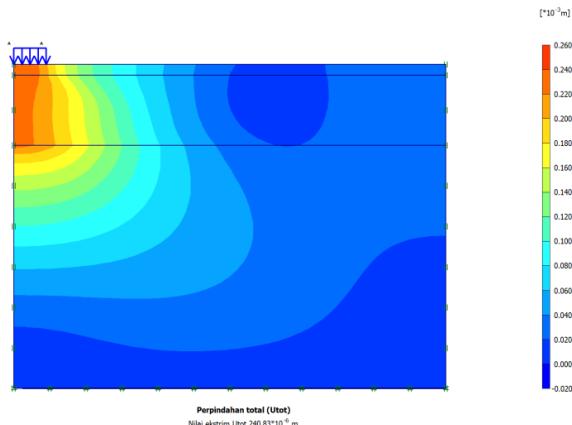
Gambar 4.52 Perpindahan Horisontal (Ux) Lapisan Perkerasan 7

g.4 Hasil analisis perpindahan vertikal (uy) yang terjadi pada lapisan perkerasan 7 disajikan pada gambar 4.53 berikut ini



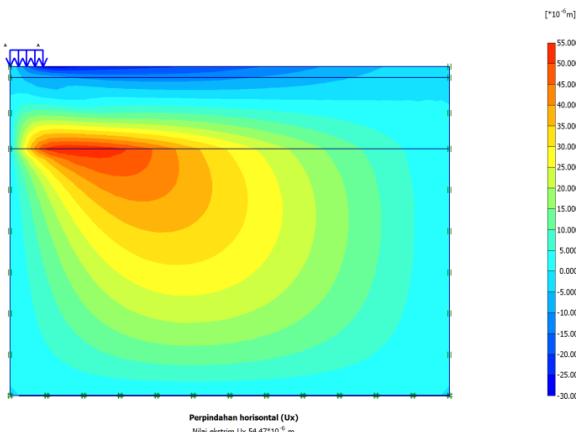
Gambar 4.53 Perpindahan Vertikal (Uy) Lapisan Perkerasan 7

- g.5 Hasil analisis perpindahan total yang terjadi pada lapisan perkerasan 7 disajikan pada gambar 4.54 berikut ini



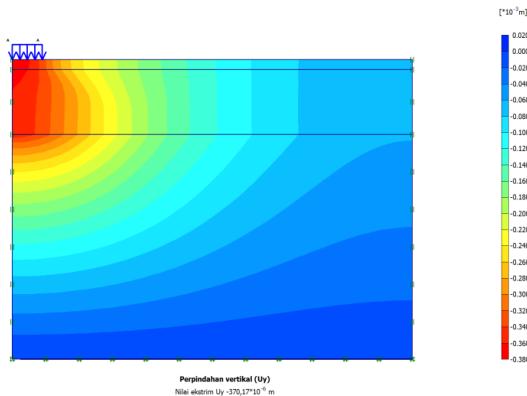
Gambar 4.54 Perpindahan Total Lapisan Perkerasan 7

- g.6 Hasil analisis perpindahan horisontal (u_x) berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 7 disajikan pada gambar 4.55 berikut ini



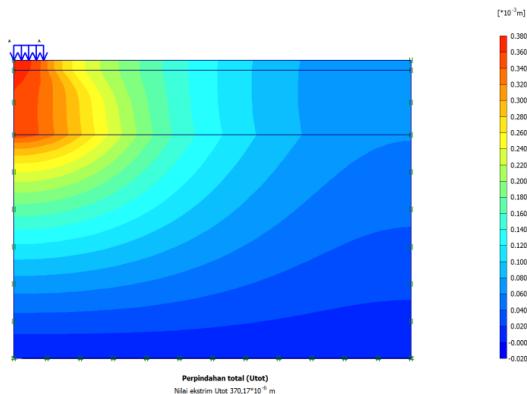
Gambar 4.55 Perpindahan Horisontal (u_x) Lapisan Perkerasan 7 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

g.7 Hasil analisis perpindahan vertikal (uy) berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 7 disajikan pada gambar 4.56 berikut ini



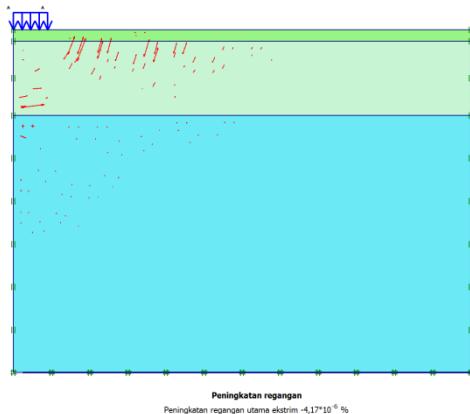
Gambar 4.56 Perpindahan Vertikal (Uy) Lapisan Perkerasan 7
Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

g.8 Hasil analisis perpindahan total berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 7 disajikan pada gambar 4.57 berikut ini



Gambar 4.57 Perpindahan Total Lapisan Perkerasan 7
Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- g.9 Hasil analisis peningkatan regangan berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 7 disajikan pada gambar 4.58 berikut ini



Gambar 4.58 Peningkatan Regangan Lapisan Perkerasan 7
Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

h. Hasil analisa pada Lapisan Perkerasan 8

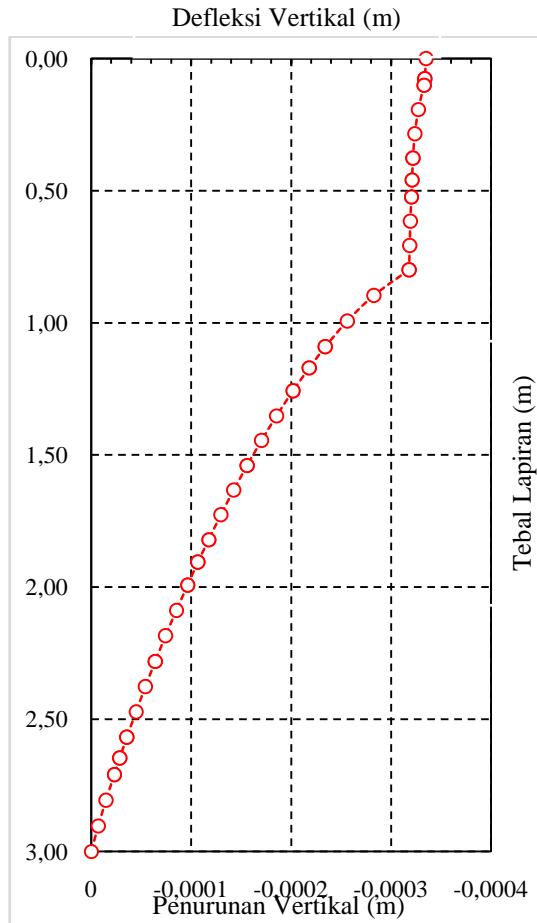
Berdasarkan analisa software plaxis dapat dihasilkan defleksi berupa tabel dan gambar sebelum konsolidasi dan setelah konsolidasi 1800 hari.

h.1 Hasil rekapitulasi analisis defleksi pada lapisan perkerasan 8 disajikan pada tabel 4.11 berikut ini

Tabel 4.11 Hasil defleksi maksimum pada lapisan perkerasan 8

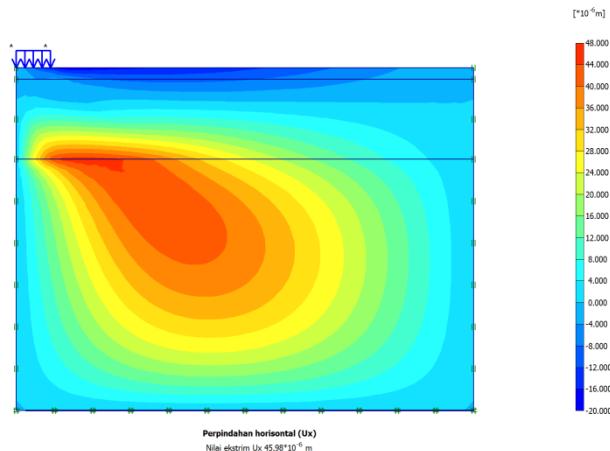
Tebal Lapisan (m)	Defleksi (m)
0,00	-0,00034
0,53	-0,00032
1,01	-0,00026
1,55	-0,00017
2,01	-9,6E-05
2,54	-4,5E-05
3,00	0

h.2 Hasil analisis hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal yang terjadi pada lapisan perkerasan 8 disajikan pada gambar 4.59 berikut ini



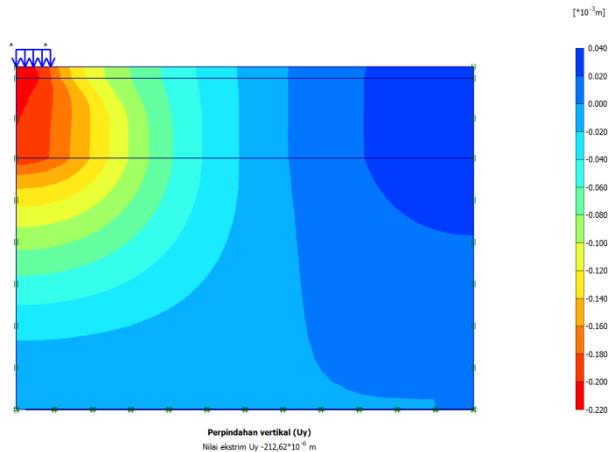
Gambar 4.59 Grafik Hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 8

h.3 Hasil analisis perpindahan horisontal (u_x) yang terjadi pada lapisan perkerasan 8 disajikan pada gambar 4.60 berikut ini



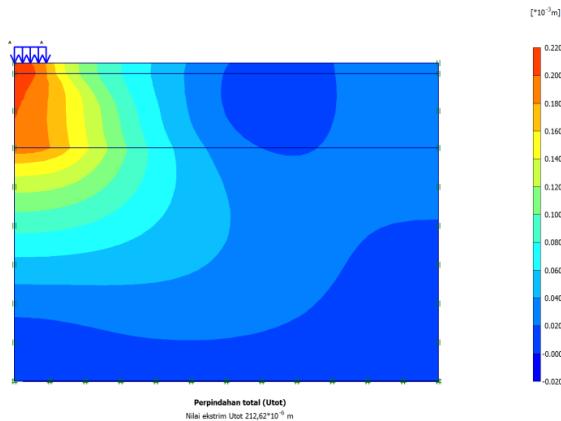
Gambar 4.60 Perpindahan Horisontal (U_x) Lapisan Perkerasan 8

h.4 Hasil analisis perpindahan vertikal (u_y) yang terjadi pada lapisan perkerasan 8 disajikan pada gambar 4.61 berikut ini



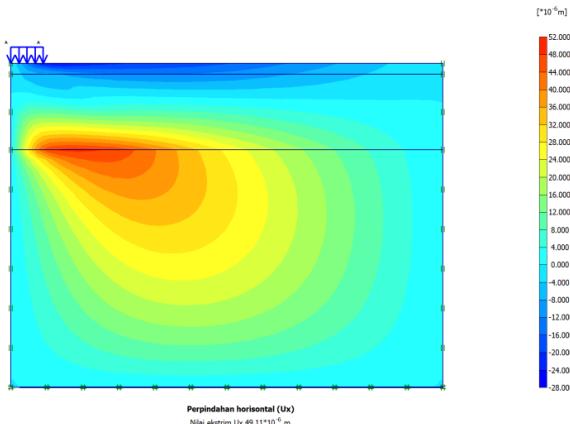
Gambar 4.61 Perpindahan Veritikal (U_y) Lapisan Perkerasan 8

- h.5 Hasil analisis perpindahan total yang terjadi pada lapisan perkerasan 8 disajikan pada gambar 4.62 berikut ini



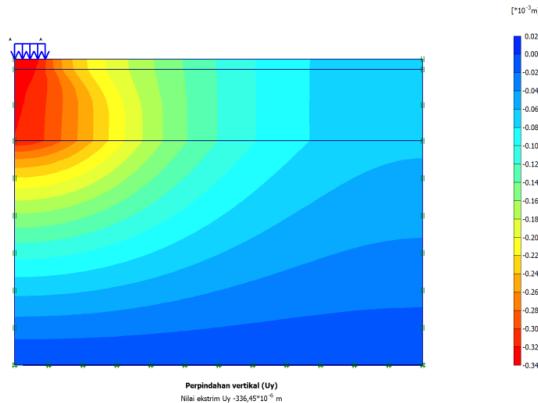
Gambar 4.62 Perpindahan Total Lapisan Perkerasan 8

- h.6 Hasil analisis perpindahan horisontal (ux) berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 8 disajikan pada gambar 4.63 berikut ini



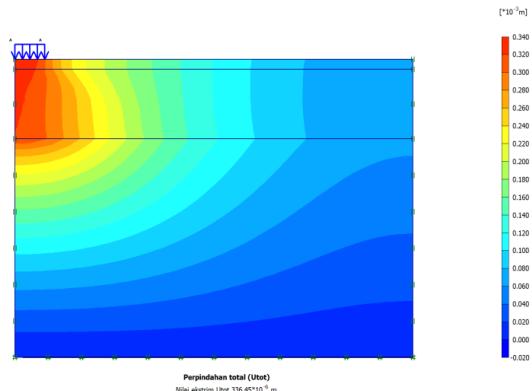
Gambar 4.63 Perpindahan Horisontal (U_x) Lapisan Perkerasan 8 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- h.7 Hasil analisis perpindahan vertikal (uy) berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 8 disajikan pada gambar 4.64 berikut ini



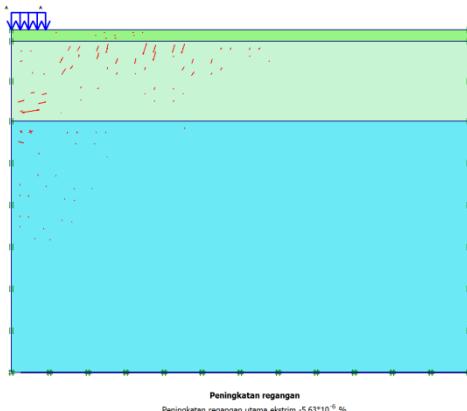
Gambar 4.64 Perpindahan Vertikal (Uy) Lapisan Perkerasan 8 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- h.8 Hasil analisis perpindahan vertikal (uy) berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 8 disajikan pada gambar 4.65 berikut ini



Gambar 4.65 Perpindahan Total Lapisan Perkerasan 8 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- h.9 Hasil analisis peningkatan regangan berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 8 disajikan pada gambar 4.66 berikut ini



Gambar 4.66 Peningkatan Regangan Lapisan Perkerasan 8
Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 Hari

i. Hasil analisa pada Lapisan Perkerasan 9

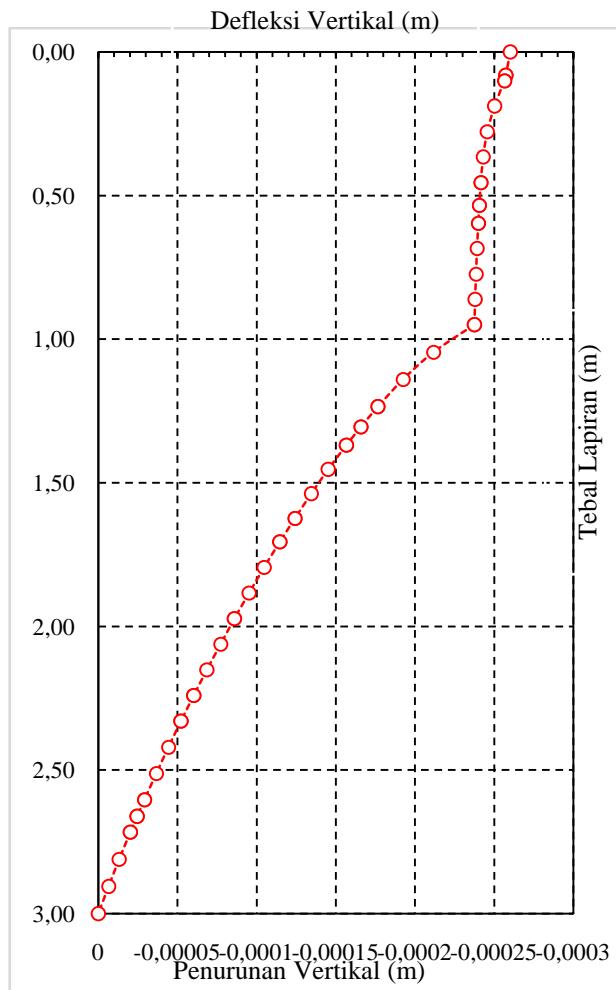
Berdasarkan analisa software plaxis dapat dihasilkan defleksi berupa tabel dan gambar sebelum konsolidasi dan setelah konsolidasi 1800 hari.

i.1 Hasil rekapitulasi analisis defleksi pada lapisan perkerasan 9 disajikan pada tabel 4.12 berikut ini

Tabel 4.12 Hasil defleksi maksimum pada lapisan perkerasan 9

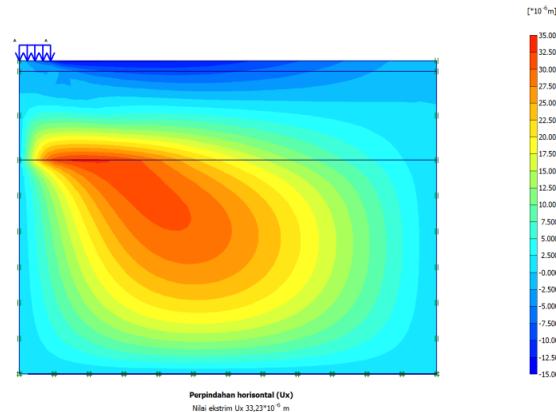
Tebal Lapisan (m)	Defleksi (m)
0,00	-0,00026
0,49	-0,00024
1,03	-0,00024
1,55	-0,00015
2,05	-8,6E-05
2,47	-3,7E-05
3,00	0

i.2 Hasil analisis hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal yang terjadi pada lapisan perkerasan 9 disajikan pada gambar 4.67 berikut ini



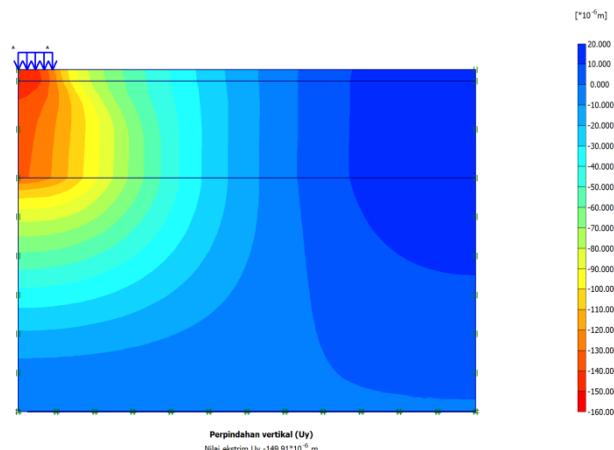
Gambar 4.67 Grafik Hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 9

- i.3 Hasil analisis perpindahan horisontal (ux) yang terjadi pada lapisan perkerasan 9 disajikan pada gambar 4.68 berikut ini



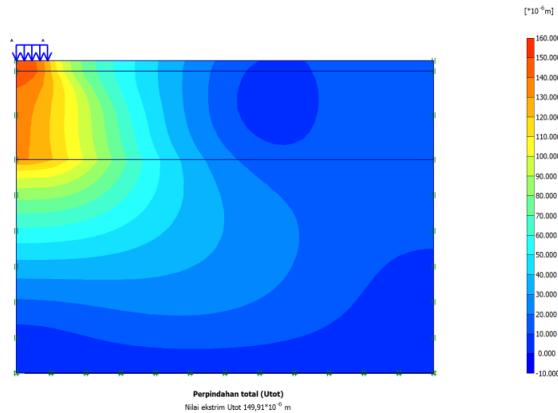
Gambar 4.68 Perpindahan Horisontal (Ux) Lapisan Perkerasan 9

- i.4 Hasil analisis perpindahan vertikal (uy) yang terjadi pada lapisan perkerasan 9 disajikan pada gambar 4.69 berikut ini



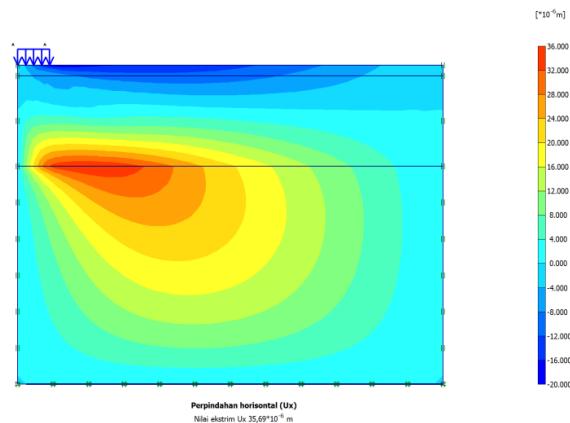
Gambar 4.69 Perpindahan Veritikal (Uy) Lapisan Perkerasan 9

- i.5 Hasil analisis perpindahan total yang terjadi pada lapisan perkerasan 9 disajikan pada gambar 4.80 berikut ini



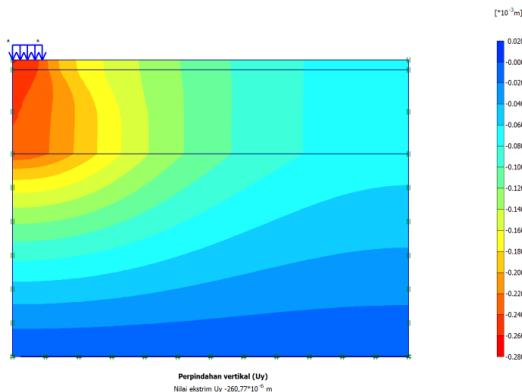
Gambar 4.70 Perpindahan Total Lapisan Perkerasan 9

- i.6 Hasil analisis perpindahan horisontal (ux) berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 9 disajikan pada gambar 4.71 berikut ini



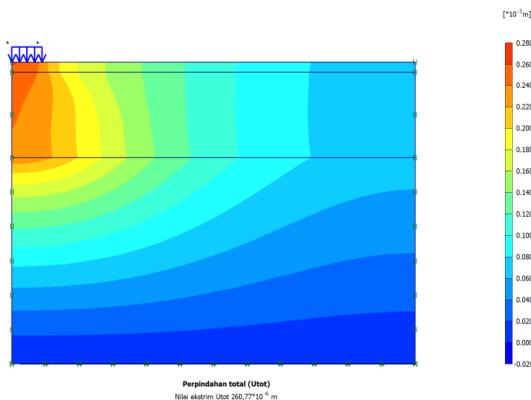
Gambar 4.71 Perpindahan Horisontal (Ux) Lapisan Perkerasan 9
Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- i.7 Hasil analisis perpindahan vertikal (uy) berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 9 disajikan pada gambar 4.72 berikut ini



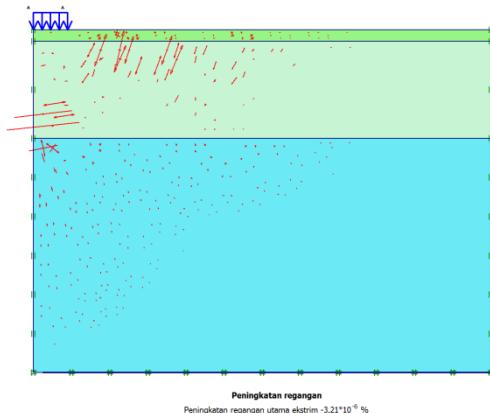
Gambar 4.72 Perpindahan Vertikal (Uy) Lapisan Perkerasan 9 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- i.8 Hasil analisis perpindahan total berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 9 disajikan pada gambar 4.73 berikut ini



Gambar 4.73 Perpindahan Total Lapisan Perkerasan 9 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- i.8 Hasil analisis peningkatan regangan berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 9 disajikan pada gambar 4.74 berikut ini



Gambar 4.74 Peningkatan Regangan Tebal Perkerasan 9
Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

j. Hasil analisa pada Lapisan Perkerasan 10

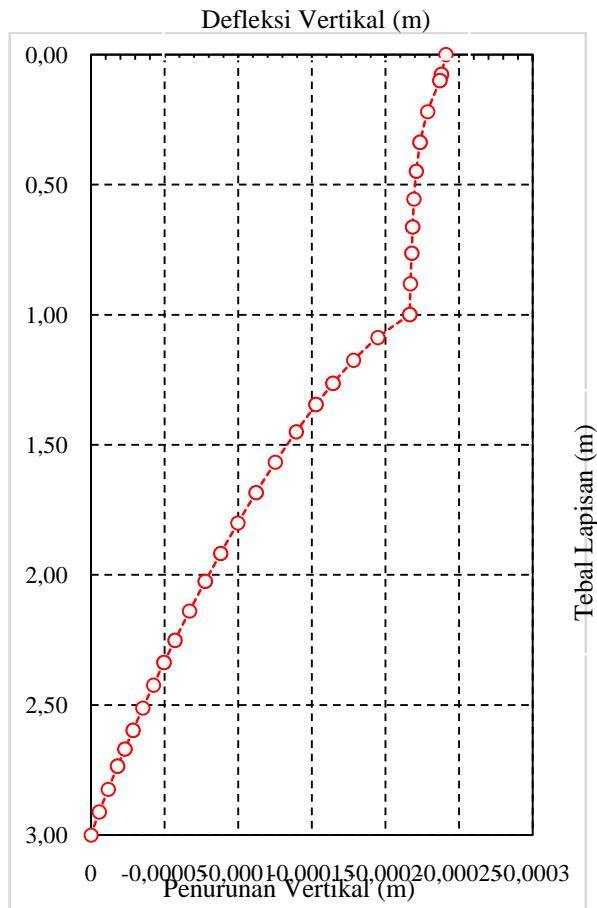
Berdasarkan analisa software plaxis dapat dihasilkan defleksi berupa tabel dan gambar sebelum konsolidasi dan setelah konsolidasi 1800 hari.

j.1 Hasil rekapitulasi analisis defleksi pada lapisan perkerasan 10 disajikan pada tabel 4.13 berikut ini

Tabel 4.13 Hasil defleksi maksimum pada tebal lapisan 10

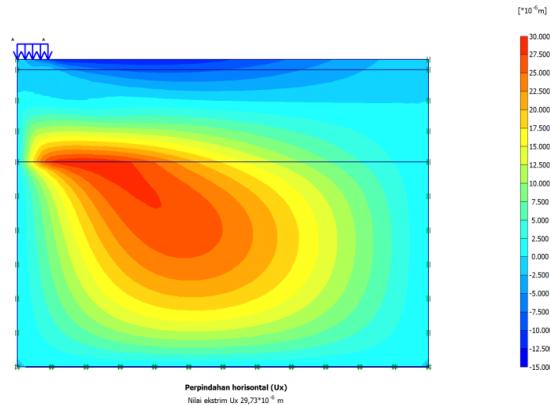
Tebal Lapisan (m)	Defleksi (m)
0,00	-0,00024
0,58	-0,00022
1,08	-0,00022
1,55	-0,00014
2,00	-8,8E-05
2,55	-4,2E-05
3,00	0

j.2 Hasil analisis hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal yang terjadi pada lapisan perkerasan 10 disajikan pada gambar 4.75 berikut ini



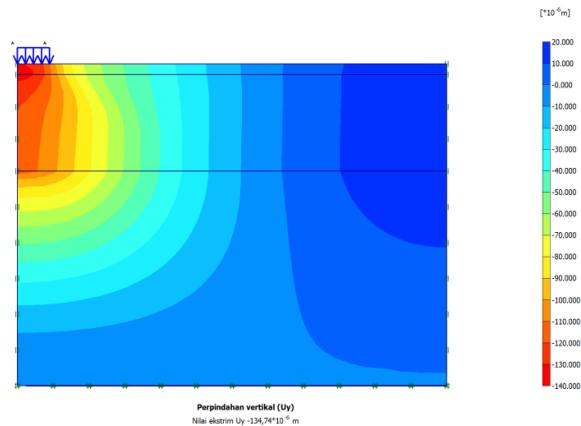
Gambar 4.75 Grafik Hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan perkerasan 10

- j.3 Hasil analisis perpindahan horisontal (u_x) yang terjadi pada lapisan perkasan 10 disajikan pada gambar 4.76 berikut ini



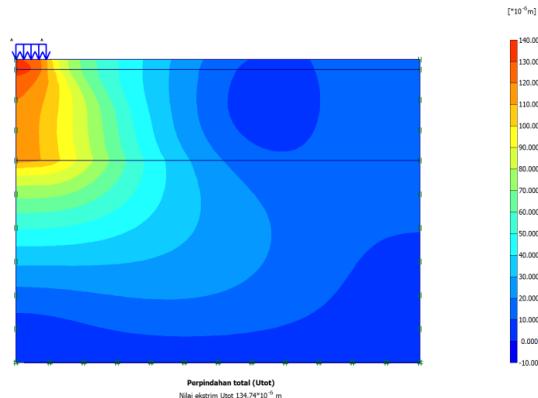
Gambar 4.76 Perpindahan Horisontal (u_x) Lapisan Perkerasan 10

- j.4 Hasil analisis perpindahan vertikal (u_y) yang terjadi pada lapisan perkasan 10 disajikan pada gambar 4.77 berikut ini



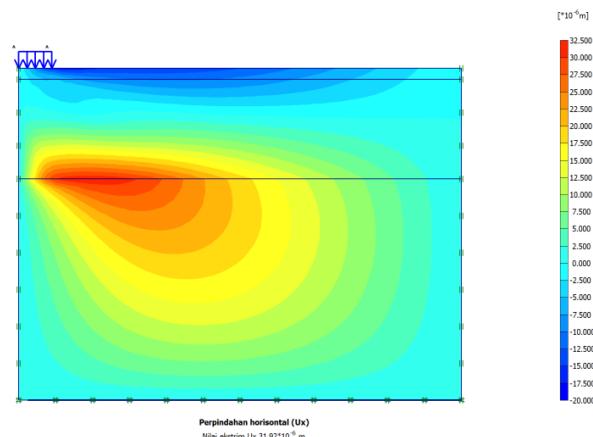
Gambar 4.77 Perpindahan Vertikal (u_y) Lapisan Perkerasan 10

- j.5 Hasil analisis perpindahan total yang terjadi pada lapisan perkerasan 10 disajikan pada gambar 4.78 berikut ini



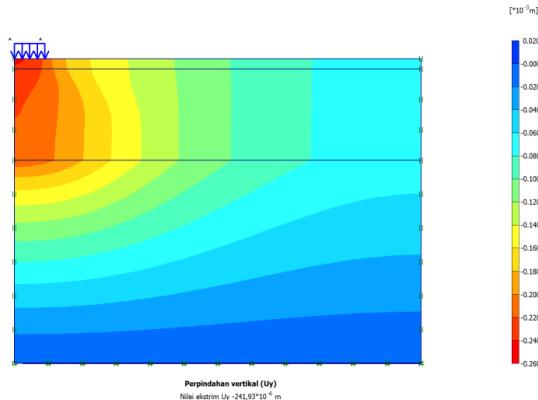
Gambar 4.78 Perpindahan Total Tebal Perkerasan 10

- j.6 Hasil analisis perpindahan horisontal (ux) berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 10 disajikan pada gambar 4.79 berikut ini



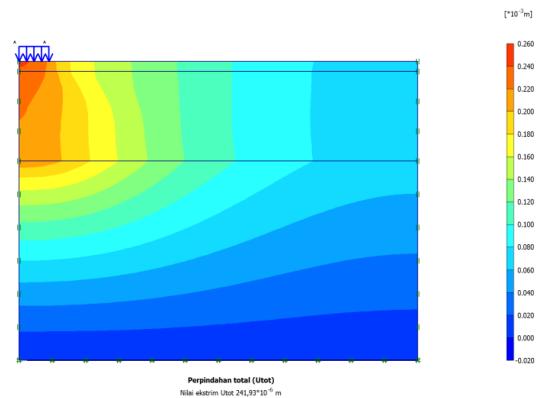
Gambar 4.79 Perpindahan Horisontal (Ux) Lapisan Perkerasan 10 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- j.7 Hasil analisis perpindahan vertikal (uy) berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 10 disajikan pada gambar 4.80 berikut ini



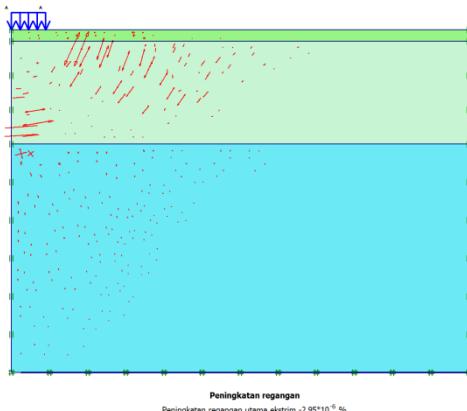
Gambar 4.80 Perpindahan Vertikal (Uy) Lapisan Perkerasan 10 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- j.8 Hasil analisis perpindahan total berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 10 disajikan pada gambar 4.81 berikut ini



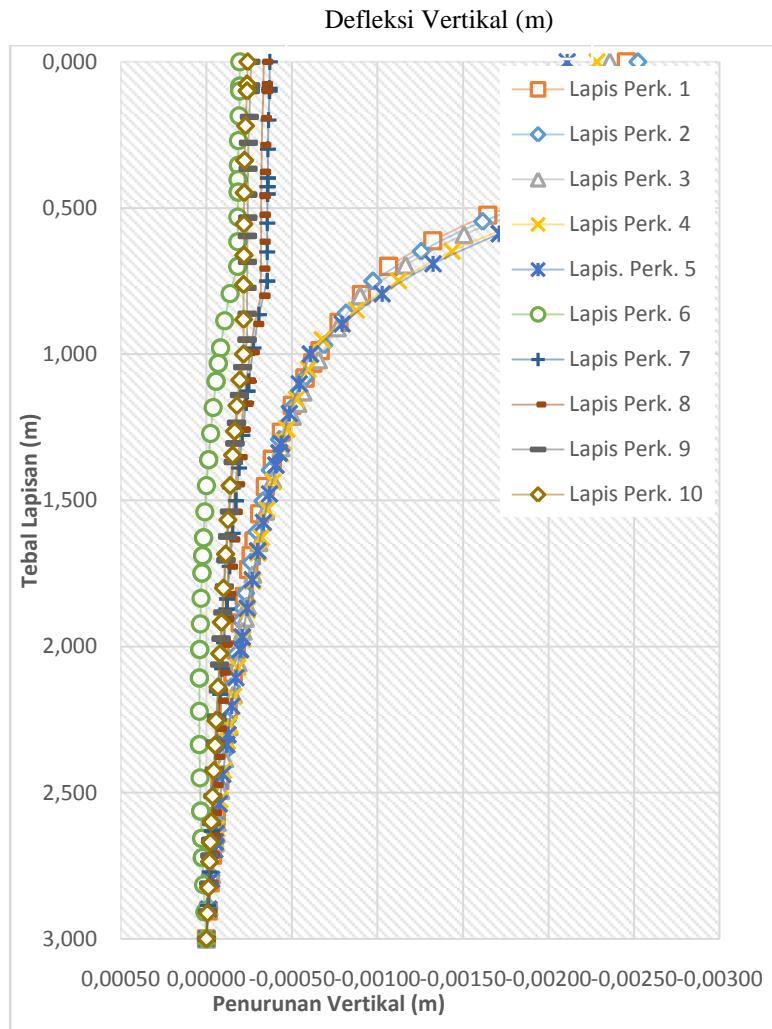
Gambar 4.81 Perpindahan Total Lapisan Perkerasan 10 Berdasarkan Analisa Konsolidasi 1800 hari

- j.9 Hasil analisis peningkatan regangan berdasarkan konsolidasi 1800 hari yang terjadi pada lapisan perkerasan 10 disajikan pada gambar 4.82 berikut ini

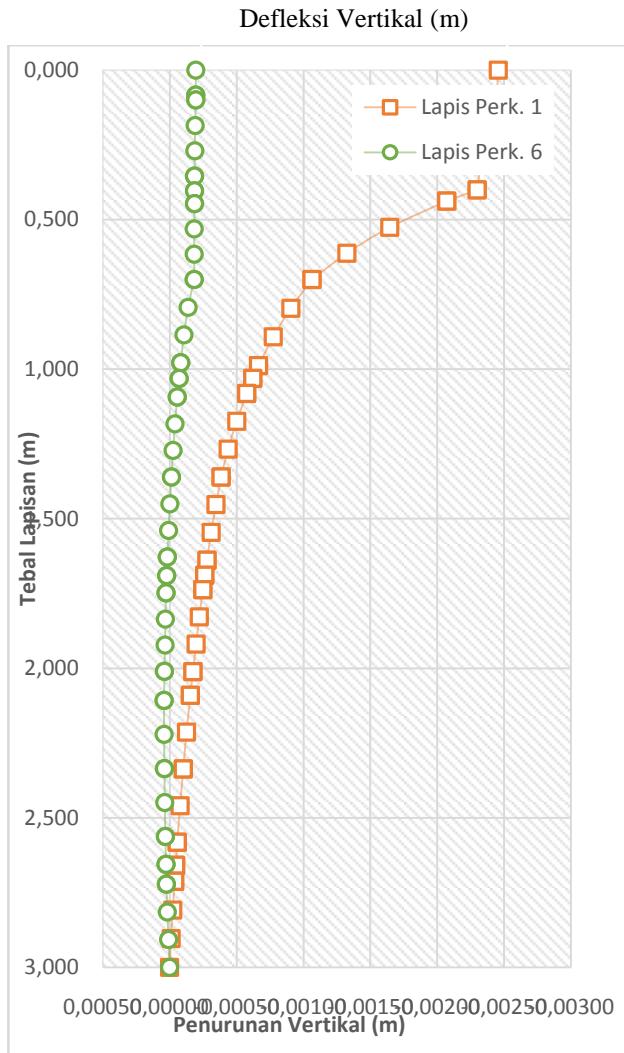


Gambar 4.82 Peningkatan Regangan Tebal Perkerasan 10

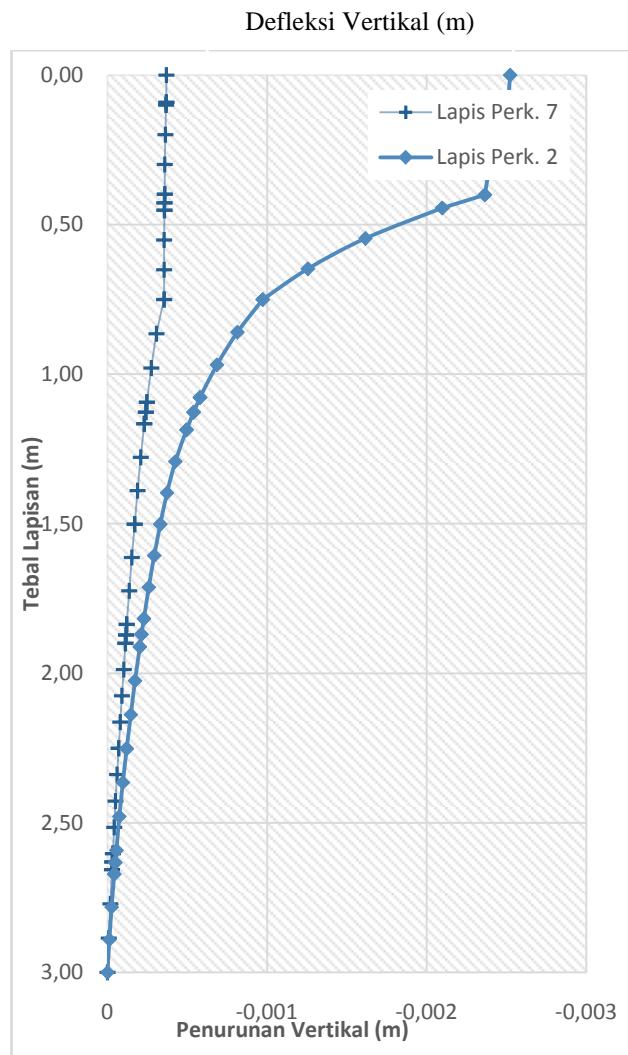
- k. Perbandingan Defleksi pada Setiap Tebal Lapisan Perkerasan Perbandingan tebal perkerasan lentur dengan menggunakan komponen LPA dan LPB secara keseluruhan dibandingkan dengan perkerasan lentur dengan komponen semen komposit. Hasil dari perbandingan tersebut disajikan pada Gambar 8.83 sampai dengan Gambar 8.88. Dari hasil perbandingan tersebut dapat disimpulkan bahwa perkerasan lentur dengan menggunakan komponen semen komposit memberikan hasil defleksi yang minimum.



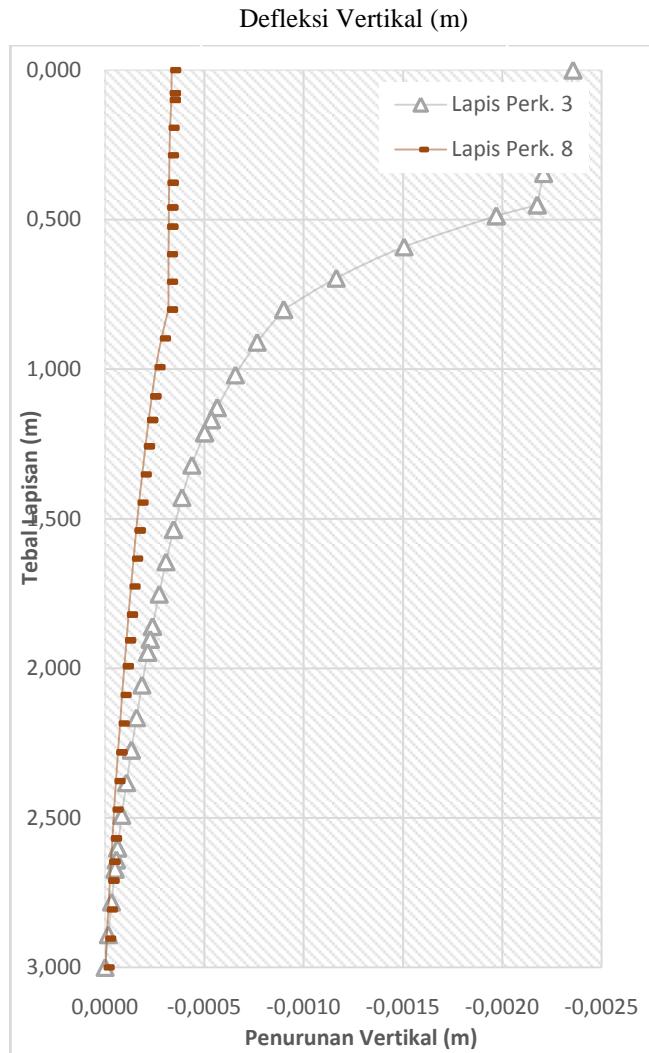
Gambar 4.83 Grafik Hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada semua lapisan



Gambar 4.84 Grafik Hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan 1 dan lapisan 6

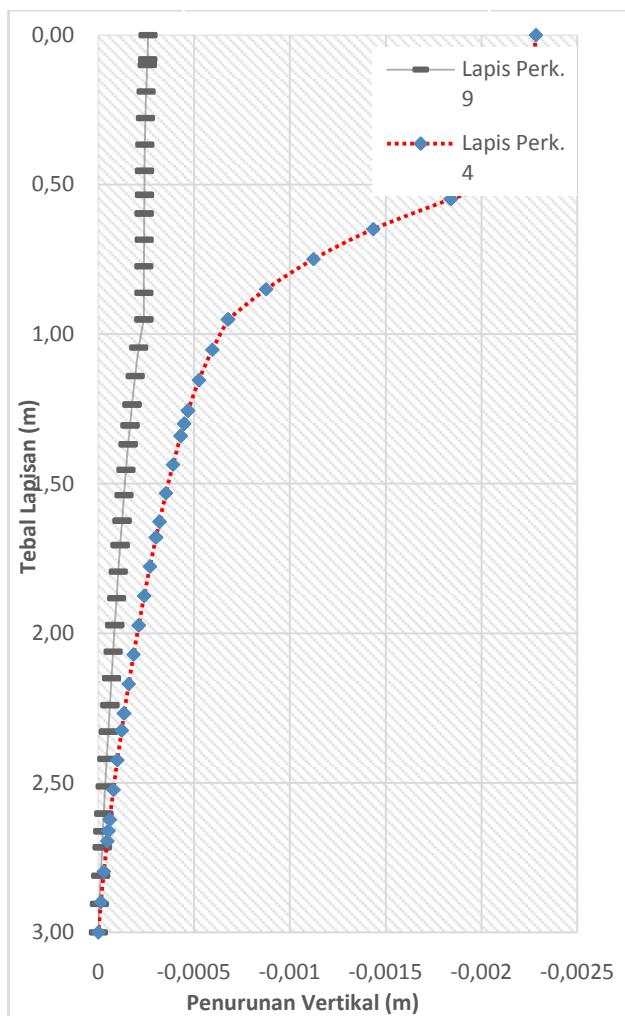


Gambar 4.85 Grafik Hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan 2 dan lapisan 7

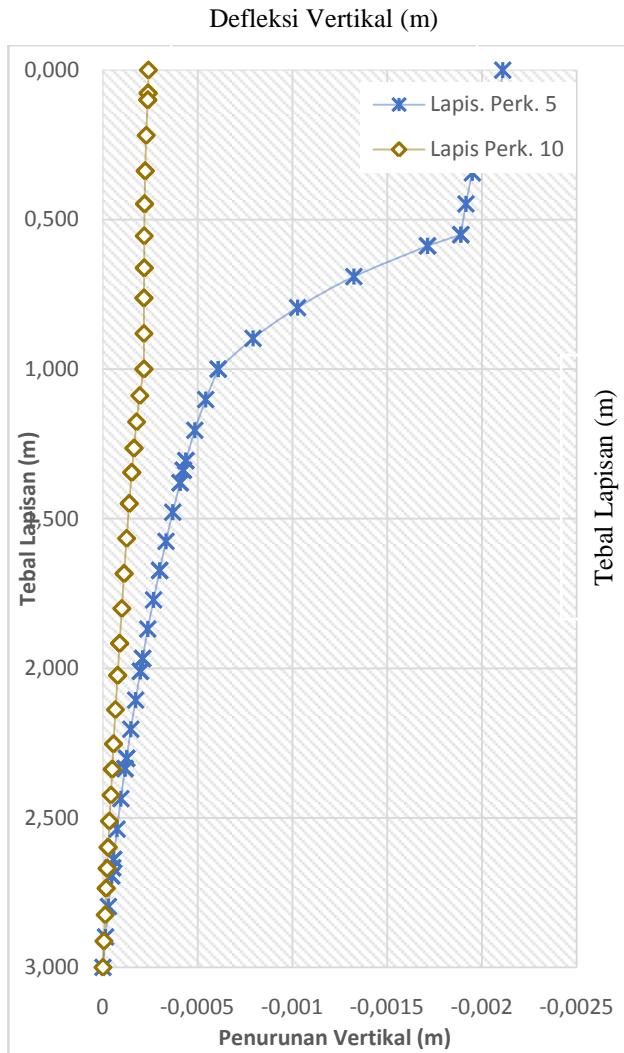


Gambar 4.86 Grafik Hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan 3 dan lapisan 8

Defleksi Vertikal (m)



Gambar 4.87 Grafik Hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan 4 dan lapisan 9



Gambar 4.88 Grafik Hubungan tebal lapisan dan penurunan vertikal pada lapisan 5 dan lapisan 10

4.6 Rencana Anggaran Biaya

1. Lingkup Analisis Biaya

Perhitungan biaya perkerasan jalan lentur arteri dibedakan menjadi 2 agar dapat mengetahui perbedaan biaya jalan 2 lapisan perkerasan dengan 3 lapisan perkerasan dengan memvariasikan panjang jalan, lebar jalan, dan tebal lapisan perkerasan jalan yang digunakan.

2. Data Perkerasan Jalan

Pada penelitian tugas akhir ini merupakan pekerjaan jalan arteri dengan data sebagai berikut:

a. Perkerasan 2 lapisan

- 1) Panjang jalan 1000 m
- 2) Lebar jalan 8m
- 3) Tebal lapisan pondasi semen komposit 60cm, 65cm, 70cm, 85cm, 90cm.
- 4) Tebal aspal 10cm

b. Perkerasan 3 lapisan

- 1) Panjang jalan 1000 m
- 2) Lebar jalan 8m
- 3) Tebal lapisan pondasi bawah 30cm ,35cm ,35cm ,40cm ,45cm.
- 4) Tebal lapis pondasi atas 30cm, 30cm, 35cm, 40cm, 45cm.
- 5) Tebal aspal 10cm

3. Analisa Harga Satuan

Pada tahap ini sebagai dasar perhitungan rencana anggaran biaya konstruksi perkerasan jalan menggunakan analisa harga satuan pekerjaan Pemerintah kota Surabaya untuk perkerasan 3 lapisan sedangkan perhitungan 2 lapisan khususnya untuk lapisan semen komposit penulis membuat analisa produktifitas alat berat dari berbagai sumber baik di lapangan maupun dari buku.

4. Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan yang dipakai sangat berpengaruh terhadap anggaran biaya konstruksi.

Terdapat perbedaan metode pelaksanaan antara perkerasan 2 lapisan dengan perkerasan 3 lapisan. Metode pelaksanaan perkerasan 2 lapisan dan perkerasan 3 lapisan sebagai berikut

- a. Metode Pelaksanaan perkerasan 2 lapisan
 1. Pembersihan lahan
 2. Galian tanah dasar menggunakan alat berat
 3. Penghamparan semen pada permukaan galian jalan
 4. Pengadukan pertama, mengaduk semen dengan tanah dasar tanpa penambahan air menggunakan alat berat
 5. Pengadukan kedua, penambahan campuran untuk semen komposit ke pengadukan pertama dan ditambah dengan air bersih
 6. Setelah selesai pengadukan, dilakukan penghamparan dan pemerataan pada area konstruksi
 7. Pemadatan lapisan semen komposit menggunakan alat berat
 8. Membentuk permukaan area konstruksi, dan dilakukan pemadatan terakhir menggunakan alat berat dengan roda besi plat.
 9. Umur semen komposit minimal 4 hari kemudian bisa dilakukan penghamparan lapisan permukaan menggunakan aspal
- a. Metode pelaksanaan perkerasan 3 lapisan
 1. Pembersihan lahan
 2. Galian tanah dasar menggunakan alat berat
 3. Penghamparan gravel sebagai lapis pondasi bawah, kemudian dilakukan penyiraman pada lapisan tersebut
 4. Pemasangan batu belah sebagai lapis pondasi atas perkerasan

5. Penghamparan lapisan permukaan menggunakan aspal

4.7 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Berdasarkan Variasi Tebal Lapisan Perkerasan

Perhitungan biaya konstruksi berdasarkan variasi tebal dan bahan yang digunakan untuk perkerasan 2 lapisan dan perkerasan 3 lapisan dapat dilihat pada lampiran penelitian, rekapitulasi jumlah biaya yang dibutuhkan dapat dilihat pada tabel 4.15.

4.8 Pembahasan perkerasan lentur 2 lapisan dan 3 lapisan

Penelitian ini membandingkan perkerasan lentur 2 lapisan dengan perkerasan lentur 3 lapisan baik dari segi defleksi yang terjadi akibat beban yang ada maupun dari segi biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan konstruksi jalan perkerasan lentur.

1. Rekapitulasi defleksi terbesar yang terjadi pada setiap variasi lapisan perkerasan disajikan pada tabel 4.14

Tabel 4.14 Rekapitulasi defleksi yang terjadi pada setiap variasi lapisan perkerasan

Variasi Perkerasan	Defleksi terbesar (m)	Keterangan
Lapisan Perkerasan 1	-0.00246	3 Lapisan
Lapisan Perkerasan 2	-0.00252	3 Lapisan
Lapisan Perkerasan 3	-0.00234	3 Lapisan
Lapisan Perkerasan 4	-0.00228	3 Lapisan
Lapisan Perkerasan 5	-0.00211	3 Lapisan
Lapisan Perkerasan 6	-0.0002	2 Lapisan
Lapisan Perkerasan 7	-0.00037	2 Lapisan

Tabel 4.14 Rekapitulasi defleksi yang terjadi pada setiap variasi lapisan perkerasan (lanjutan)

Variasi Perkerasan	Defleksi terbesar (m)	Keterangan
Lapisan Perkerasan 8	-0.00034	2 Lapisan
Lapisan Perkerasan 9	-0.00026	2 Lapisan
Lapisan Perkerasan 10	-0.00024	2 Lapisan

2. Rekapitulasi rencana anggaran biaya konstruksi pada setiap variasi lapisan perkerasan disajikan pada tabel 4.15 dengan penambahan biaya perbaikan permukaan jalan pada lapisan 1- lapisan 5 sedangkan lapisan perkerasan 6- lapisan 10 tidak ditambah biaya maintenance

Tabel 4.15 Rekapitulasi rencana anggaran biaya konstruksi pada setiap variasi lapisan perkerasan

Variasi Perkerasan	Rencana Anggaran Biaya (Rp.)	Keterangan
Lapisan Perkerasan 1	7.219.493.952,00	3 Lapisan
Lapisan Perkerasan 2	7.360.258.782,00	3 Lapisan
Lapisan Perkerasan 3	7.520.896.152,00	3 Lapisan
Lapisan Perkerasan 4	7.963.063.152,00	3 Lapisan
Lapisan Perkerasan 5	8.123.700.552,00	3 Lapisan
Lapisan Perkerasan 6	5.084.717.300,00	2 Lapisan
Lapisan Perkerasan 7	5.274.357.300,00	2 Lapisan
Lapisan Perkerasan 8	5.463.727.300,00	2 Lapisan
Lapisan Perkerasan 9	6.032.917.300,00	2 Lapisan
Lapisan Perkerasan 10	6.222.557.300,00	2 Lapisan

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh penulis dengan menganalisa pemodelan perkerasan lentur 2 lapisan dan 3 lapisan menggunakan *software* Plaxis dan melakukan perhitungan rencana anggaran biaya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Hasil analisa menggunakan *software* Plaxis defleksi terbesar yang terjadi akibat beban kendaraan dengan waktu konsolidasi selama 5 tahun yaitu pada variasi lapisan perkerasan 2 sebesar 0.00252 m dan defleksi terkecil terjadi pada variasi lapis perkerasan 6 (enam) sebesar 0.0002 m
- b. Mengacu defleksi yang terjadi pada lapisan perkerasan 1 sampai lapisan perkerasan 5 terlalu besar dibandingkan lapisan perkerasan 6 sampai lapisan perkerasan 10 dengan asumsi waktu konsolidasi selama 5 tahun, maka pada lapisan perkerasan 1 sampai lapisan perkerasan 5 ditambahkan dengan biaya perbaikan permukaan jalan (overlay).
- c. Berdasarkan variasi ketebalan yang telah dianalisa oleh bantuan *software plaxis* perkerasan lapis pondasi semen komposit (2 lapisan) lebih kuat dibandingkan dengan lapisan konvensional (3 lapisan) yang berupa lapis pondasi atas (batu belah) dan lapis pondasi bawah (pasir berbatu), dan ditinjau dari segi biaya lapis pondasi semen komposit lebih effisien atau lebih murah dikarenakan lapis pondasi semen komposit (2 lapisan) tidak menambah biaya perbaikan selama waktu konsolidasi yang telah direncanakan. Selain dalam segi kekuatan dan biaya lapis pondasi semen

komposit dapat digunakan sebagai alternatif pada daerah yang sulit untuk mendapatkan material lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah yang berupa batu belah dan pasir berbatu karena dapat menekan effisiensi pengadaan material konstruksi perkerasan jalan.

5.2 Saran

Saran pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Diperlukan perbandingan analisis perkerasan lentur menggunakan peraturan AASHTO 1993
- b. Dibutuhkan analisis pemodelan perkerasan lentur menggunakan *software* Plaxis 3D
- c. Penggunaan beban lalu lintas sesuai volume lalu lintas yang didapatkan dari hasil survei lapangan.
- d. Perlunya dilakukan penelitian parameter bahan di laboratorium, sebagai bahan input material yang akan digunakan untuk analisis pada *software* *Plaxis*
- e. Diperlukan variasi parameter material atau variasi ketebalan lapisan perkerasan yang lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Asphat Institute MS-17, 1983. **Asphalt overlays for highway and streetrehabilitation.** Lexington, United States of America: Asphat Institute.
- Carnivajal, E., &Romana, M, 2013. **Analisys of the influence of soft soil depth onthe subgrade capacity for flexible pavement.** Paris: International
- Hardiyatmo, H., 2011. **PerancanganPerkerasanJalan&PenyelidikanJalan.** Yogyakarta: UGM Press.
- Jenskins, K., 2012. **Hitchhiker's Guide to Pavement Engineering.** Delft: TU DelftUniversity of technology.
- KementerianPekerjaanUmumDirektoratJenderal Bina Marga, 2013. **ManualDesainPerkerasanJalan.** Jakarta: KementerianPekerjaanUmumDirektoratJenderal Bina Marga.
- KementerianPekerjaanUmumDirektoratJenderal Bina Marga, 2006. **PekerjaanTanah Dasar.** Jakarta: KementerianPekerjaanUmumDirektoratJenderalBina Marga.
- Lynne, H. I., 2013. **Cornell Local Roads Program.** [Online] Availableat:<ftp://www.clrp.cornell.edu/CDOT/Handouts/4cMaterials Table.pdf>[Accessed 6 Agustus 2015].

PLAXIS bv.,Plaxis Version 8 Tutorial Manual. Netherlands:
PLAXIS bv.Potts, D. M., &Zdravković, L., 1999.**Finite
Element Analysis in GeotechnicalEngineering: Theory.**
London: Thomas Telford.

Sukirman, S., 2003. **PerkerasanLenturJalan Raya.** Bandung:
NOVA.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kendal, 14 Mei 1992, merupakan anak ke-dua dari 4 bersaudara. Penulis telah melakukan pendidikan formal di TK Pertiwi, SDN 01 Gebang, SMPN 01 Gemuh, SMK N 2 Kendal. Setelah lulus dari bangku sekolah kemudian penulis merantau di Yogyakarta karena diterima kuliah di D3 Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada pada tahun 2010. Penulis menyelesaikan masa kuliah di D3 pada tahun 2013, kemudian penulis bekerja di perusahaan kontraktor. Pada bulan Agustus 2014 penulis diterima di S1 Lintas Jalur jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan terdaftar dengan NRP : 3114105068. Alamat email : wijanarkotrio@gmail.com

RENCANA ANGGARAN BIAYA LAPISAN PERKERASAN 10

Nama Paket : Perkerasan Jalan Semen Komposit Tanah
 Lokasi :
 Dimensi : 1000 m x 8 m x 0,9 m
 Komposisi (Stabilisasi Jalan) : 1 m³ Tanah 100%
 80 kg Semen
 1 kg Campuran

No. Pembayaran	Uraian	sat	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga Rp.)
a	b	c	d	e	f = (d x e)
DIVISI 1. UMUM					
1.1	Mobilisasi	Ls	1,00	25.000.000,00	25.000.000,00
1.2	Pengukuran dan Gambar	M ²	8.000,00	1.000,00	8.000.000,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 1					33.000.000,00
DIVISI 2. PEKERJAAN TANAH					
2.2	Galian Tanah Menggunakan Alat Berat	M ²	7.200,00	69.300,00	498.960.000,00
2.3	Pembersihan Lahan	M ²	8.000,00	17.500,00	140.000.000,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 2					638.960.000,00
DIVISI. 3. PERKERASAN JALAN SEMEN KOMPOSIT 30 CM					
3.1	Perkerasan Semen Komposit tebal 90 cm	M ³	9.360,00	14.153,65	132.478.140,95
3.2	Campuran Semen Komposit, 1 kg/m ³	kg	7.200,00	200.000,00	1.440.000.000,00
3.3	Semen untuk perkerasan, 80 kg/m ³	kg	576.000,00	1.517,50	874.080.000,00
3.4	Air untuk melarutkan	ltr	936.000,00	300,00	280.800.000,00
3.5	Pekerjaan Aspal	M ²	1.824,00	1.233.965,00	2.250.752.160,00

No. Pembayar an	Uraian	sat	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga Rp.) (
a	b	c	d	e	f = (d x e)
	Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 3				
	DIVISI 4. CURRING TIME				
4.1	Penyiraman Jalan Semen Komposit (4 hari)	M ²	8.000,00	850,00	6.800.000,00
	Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 4				
	TOTAL SEBELUM PPN				5.656.870.300,95
	PPN 10 %				565.687.030,10
	JUMLAH TOTAL				
Terbilang :	Enam Milyar Dua Ratus Dua Puluh Dua Juta Lima Ratus Lima Puluh Tujuh Ribu Tiga Ratus Rupiah				

REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA LAPISAN PERKERASAN 1

Pekerjaan : Konstruksi Perkerasan Jalan
 Dimensi : 1000m x 8m
 Komposisi **Jalan Konvensional** : Ton Aspal

No.	URAIAN KEGIATAN	SAT.	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	JUMAH HARGA (Rp.)
a	b	c	d	e	f = (d x e)
1.1	DIVISI 1. RENCANA ANGGARAN BIAYA JALAN BARU Pekerjaan Jalan Baru Lapisan Perkerasan 1	Paket	1,00	4.474.540.576,00	4.474.540.576,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 1					4.474.540.576,00
DIVISI 2. RENCANA ANGGARAN BIAYA PERBAIKAN JALAN					
2.1	Pekerjaan Perbaikan Jalan	Paket	1,00	2.744.953.376,00	2.744.953.376,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 2					2.744.953.376,00
JUMLAH TOTAL					7.219.493.952,00
Terbilang : Tujuh Milyar Dua Ratus Sembilan Belas Juta Empat Ratus Sembilan Puluh Tiga Ribu Sembilan Ratus Lima Puluh Dua Rupiah					

REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA LAPISAN PERKERASAN 2

Pekerjaan : Konstruksi Perkerasan Jalan
 Dimensi : 1000m x 8m
 Komposisi **Jalan Konvensional** : Ton Aspal

No.	URAIAN KEGIATAN	SAT.	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	JUMAH HARGA (Rp.)
a	b	c	d	e	f = (d x e)
1.1	DIVISI 1. RENCANA ANGGARAN BIAYA JALAN BARU Pekerjaan Jalan Baru Lapisan Perkerasan 2	Paket	1,00	4.615.305.376,00	4.615.305.376,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 1					4.615.305.376,00
DIVISI 2. RENCANA ANGGARAN BIAYA PERBAIKAN JALAN					
2.1	Pekerjaan Perbaikan Jalan	Paket	1,00	2.744.953.376,00	2.744.953.376,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 2					2.744.953.376,00
JUMLAH TOTAL					7.360.258.752,00
Terbilang : #NAME?					

REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA LAPISAN PERKERASAN 3

Pekerjaan : Konstruksi Perkerasan Jalan
 Dimensi : 1000m x 8m
 Komposisi **Jalan Konvensional** : Ton Aspal

No.	URAIAN KEGIATAN	SAT.	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	JUMAH HARGA (Rp.)
a	b	c	d	e	f = (d x e)
1.1	DIVISI 1. RENCANA ANGGARAN BIAYA JALAN BARU Pekerjaan Jalan Baru Lapisan Perkerasan 3	Paket	1,00	4.775.942.776,00	4.775.942.776,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 1					4.775.942.776,00
DIVISI 2. RENCANA ANGGARAN BIAYA PERBAIKAN JALAN					
2.1	Pekerjaan Perbaikan Jalan	Paket	1,00	2.744.953.376,00	2.744.953.376,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 2					2.744.953.376,00
JUMLAH TOTAL					7.520.896.152,00
Terbilang : #NAME?					

REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA LAPISAN PERKERASAN 4

Pekerjaan : Konstruksi Perkerasan Jalan
 Dimensi : 1000m x 8m
 Komposisi **Jalan Konvensional** : Ton Aspal

No.	URAIAN KEGIATAN	SAT.	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	JUMAH HARGA (Rp.)
a	b	c	d	e	f = (d x e)
1.1	DIVISI 1. RENCANA ANGGARAN BIAYA JALAN BARU Pekerjaan Jalan Baru Lapisan Perkerasan 4	Paket	1,00	5.218.109.776,00	5.218.109.776,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 1					5.218.109.776,00
DIVISI 2. RENCANA ANGGARAN BIAYA PERBAIKAN JALAN					
2.1	Pekerjaan Perbaikan Jalan	Paket	1,00	2.744.953.376,00	2.744.953.376,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 2					2.744.953.376,00
JUMLAH TOTAL					7.963.063.152,00
Terbilang : Tujuh Milyar Sembilan Ratus Enam Puluh Tiga Juta Enam Puluh Tiga Ribu Seratus Lima Puluh Dua Rupiah					

REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA LAPISAN PERKERASAN 5

Pekerjaan : Konstruksi Perkerasan Jalan
 Dimensi : 1000m x 8m
 Komposisi **Jalan Konvensional** : Ton Aspal

No.	URAIAN KEGIATAN	SAT.	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	JUMAH HARGA (Rp.)
a	b	c	d	e	f = (d x e)
1.1	DIVISI 1. RENCANA ANGGARAN BIAYA JALAN BARU Pekerjaan Jalan Baru Lapisan Perkerasan 5	Paket	1,00	5.378.747.176,00	5.378.747.176,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 1					5.378.747.176,00
DIVISI 2. RENCANA ANGGARAN BIAYA PERBAIKAN JALAN					
2.1	Pekerjaan Perbaikan Jalan	Paket	1,00	2.744.953.376,00	2.744.953.376,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 2					2.744.953.376,00
JUMLAH TOTAL					8.123.700.552,00
Terbilang : #NAME?					

RENCANA ANGGARAN BIAYA LAPISAN PERKERASAN 6

Nama Paket	: Perkerasan Jalan Semen Komposit Tanah		
Lokasi	:		
Dimensi	: 1000 m x 8 m x 0,60 m		
Komposisi (Stabilisasi Jalan)	1 m ³	Tanah 100%	
	80 kg	Semen	
	1 kg	Campuran	

No. Pembayaran	Uraian	sat	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga Rp.)
a	b	c	d	e	f = (d x e)
DIVISI 1. UMUM					
1.1	Mobilisasi	Ls	1,00	25.000.000,00	25.000.000,00
1.2	Pengukuran dan Gambar	M ²	8.000,00	1.000,00	8.000.000,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 1					33.000.000,00
DIVISI 2. PEKERJAAN TANAH					
2.2	Galian Tanah Menggunakan Alat Berat	M ²	4.800,00	69.300,00	332.640.000,00
2.3	Pembersihan Lahan	M ²	8.000,00	17.500,00	140.000.000,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 2					472.640.000,00
DIVISI. 3. PERKERASAN JALAN SEMEN KOMPOSIT 30 CM					
3.1	Perkerasan Semen Komposit tebal 60 cm	M ³	6.240,00	20.730,47	129.358.140,95
3.2	Campuran Semen Komposit, 1 kg/m ³	kg	4.800,00	200.000,00	960.000.000,00
3.3	Semen untuk perkerasan, 100 kg/m ³	kg	384.000,00	1.517,50	582.720.000,00
3.4	Air untuk melarutkan	ltr	624.000,00	300,00	187.200.000,00
3.5	Pekerjaan Aspal	M ²	1.824,00	1.233.965,00	2.250.752.160,00

No. Pembayar an	Uraian	sat	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga Rp.) (
a	b	c	d	e	f = (d x e)
	Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 3				
	DIVISI 4. CURRING TIME				
4.1	Penyiraman Jalan Semen Komposit (4 hari)	M ²	8.000,00	850,00	6.800.000,00
	Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 4				
	TOTAL SEBELUM PPN				4.622.470.300,95
	PPN 10 %				462.247.030,10
	JUMLAH TOTAL				5.084.717.300,00
Terbilang :	Lima Miliar Delapan Puluh Empat Juta Tujuh Ratus Tujuh Belas Ribu Tiga Ratus Rupiah				

RENCANA ANGGARAN BIAYA LAPISAN PERKERASAN 7

Nama Paket	: Perkerasan Jalan Semen Komposit Tanah		
Lokasi	:		
Dimensi	: 1000 m x 8 m x 0,65 m		
Komposisi (Stabilisasi Jalan)	1 m ³	Tanah 100%	
	80 kg	Semen	
	1 kg	Campuran	

No. Pembayaran	Uraian	sat	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga Rp.)
a	b	c	d	e	f = (d x e)
DIVISI 1. UMUM					
1.1	Mobilisasi	Ls	1,00	25.000.000,00	25.000.000,00
1.2	Pengukuran dan Gambar	M ²	8.000,00	1.000,00	8.000.000,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 1					33.000.000,00
DIVISI 2. PEKERJAAN TANAH					
2.2	Galian Tanah Menggunakan Alat Berat	M ²	5.200,00	69.300,00	360.360.000,00
2.3	Pembersihan Lahan	M ²	8.000,00	17.500,00	140.000.000,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 2					500.360.000,00
DIVISI. 3. PERKERASAN JALAN SEMEN KOMPOSIT 30 CM					
3.1	Perkerasan Semen Komposit tebal 65 cm	M ³	6.760,00	19.212,74	129.878.140,95
3.2	Campuran Semen Komposit, 1 kg/m ³	kg	5.200,00	200.000,00	1.040.000.000,00
3.3	Semen untuk perkerasan, 80 kg/m ³	kg	416.000,00	1.517,50	631.280.000,00
3.4	Air untuk melarutkan	ltr	676.000,00	300,00	202.800.000,00
3.5	Pekerjaan Aspal	M ²	1.824,00	1.233.965,00	2.250.752.160,00

No. Pembayar an	Uraian	sat	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga Rp.) (
a	b	c	d	e	f = (d x e)
	Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 3				
	DIVISI 4. CURRING TIME				
4.1	Penyiraman Jalan Semen Komposit (4 hari)	M ²	8.000,00	850,00	6.800.000,00
	Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 4				
	TOTAL SEBELUM PPN				4.794.870.300,95
	PPN 10 %				479.487.030,10
	JUMLAH TOTAL				
Terbilang :	Lima Miliar Dua Ratus Tujuh Puluh Empat Juta Tiga Ratus Lima Puluh Tujuh Ribu Tiga Ratus Rupiah				

RENCANA ANGGARAN BIAYA LAPISAN PERKERASAN 8

Nama Paket : Perkerasan Jalan Semen Komposit Tanah
 Lokasi :
 Dimensi : 1000 m x 8 m x 0,7 m
 Komposisi (Stabilisasi Jalan) : 1 m³ Tanah 100%
 80 kg Semen
 1 kg Campuran

No. Pembayaran	Uraian	sat	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga Rp.) (
a	b	c	d	e	f = (d x e)
DIVISI 1. UMUM					
1.1	Mobilisasi	Ls	1,00	25.000.000,00	25.000.000,00
1.2	Pengukuran dan Gambar	M ²	8.000,00	1.000,00	8.000.000,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 1					33.000.000,00
DIVISI 2. PEKERJAAN TANAH					
2.2	Galian Tanah Menggunakan Alat Berat	M ²	5.600,00	69.300,00	388.080.000,00
2.3	Pembersihan Lahan	M ²	8.000,00	17.500,00	140.000.000,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 2					528.080.000,00
DIVISI. 3. PERKERASAN JALAN SEMEN KOMPOSIT 30 CM					
3.1	Perkerasan Semen Komposit tebal 70 cm	M ³	7.280,00	17.911,83	130.398.140,95
3.2	Campuran Semen Komposit, 1 kg/m ³	kg	5.600,00	200.000,00	1.120.000.000,00
3.3	Semen untuk perkerasan, 80 kg/m ³	kg	448.000,00	1.517,50	679.840.000,00
3.4	Air untuk melarutkan	ltr	728.000,00	300,00	218.400.000,00
3.5	Pekerjaan Aspal	M ²	1.824,00	1.233.965,00	2.250.752.160,00

No. Pembayar an	Uraian	sat	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga Rp.) (
a	b	c	d	e	f = (d x e)
	Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 3				
	DIVISI 4. CURRING TIME				
4.1	Penyiraman Jalan Semen Komposit (4 hari)	M ²	8.000,00	850,00	6.800.000,00
	Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 4				
	TOTAL SEBELUM PPN				4.967.270.300,95
	PPN 10 %				496.727.030,10
	JUMLAH TOTAL				
Terbilang :	Lima Miliar Empat Ratus Enam Puluh Tiga Juta Sembilan Ratus Sembilan Puluh Tujuh Ribu Tiga Ratus Rupiah				

RENCANA ANGGARAN BIAYA LAPISAN PERKERASAN 9

Nama Paket : Perkerasan Jalan Semen Komposit Tanah
 Lokasi :
 Dimensi : 1000 m x 8 m x 0,85 m
 Komposisi (Stabilisasi Jalan) : 1 m³ Tanah 100%
 80 kg Semen
 1 kg Campuran

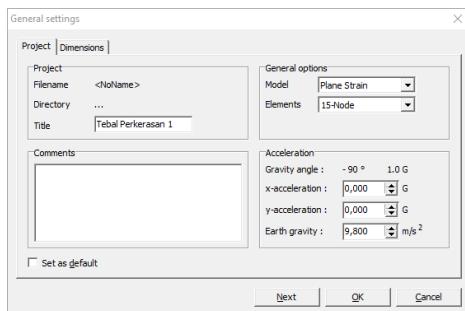
No. Pembayaran	Uraian	sat	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga Rp.)
a	b	c	d	e	f = (d x e)
DIVISI 1. UMUM					
1.1	Mobilisasi	Ls	1,00	25.000.000,00	25.000.000,00
1.2	Pengukuran dan Gambar	M ²	8.000,00	1.000,00	8.000.000,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 1					33.000.000,00
DIVISI 2. PEKERJAAN TANAH					
2.2	Galian Tanah Menggunakan Alat Berat	M ²	6.800,00	69.300,00	471.240.000,00
2.3	Pembersihan Lahan	M ²	8.000,00	17.500,00	140.000.000,00
Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 2					611.240.000,00
DIVISI. 3. PERKERASAN JALAN SEMEN KOMPOSIT 30 CM					
3.1	Perkerasan Semen Komposit tebal 85 cm	M ³	8.840,00	14.927,39	131.958.140,95
3.2	Campuran Semen Komposit, 1 kg/m ³	kg	6.800,00	200.000,00	1.360.000.000,00
3.3	Semen untuk perkerasan, 80 kg/m ³	kg	544.000,00	1.517,50	825.520.000,00
3.4	Air untuk melarutkan	ltr	884.000,00	300,00	265.200.000,00
3.5	Pekerjaan Aspal	M ²	1.824,00	1.233.965,00	2.250.752.160,00

No. Pembayar an	Uraian	sat	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga Rp.) (
a	b	c	d	e	f = (d x e)
	Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 3				
	DIVISI 4. CURRING TIME				
4.1	Penyiraman Jalan Semen Komposit (4 hari)	M ²	8.000,00	850,00	6.800.000,00
	Jumlah Harga Pekerjaan untuk Divisi 4				
	TOTAL SEBELUM PPN				5.484.470.300,95
	PPN 10 %				548.447.030,10
	JUMLAH TOTAL				
Terbilang :	Enam Milyar Tiga Puluh Dua Juta Sembilan Ratus Tujuh Belas Ribu Tiga Ratus Rupiah				

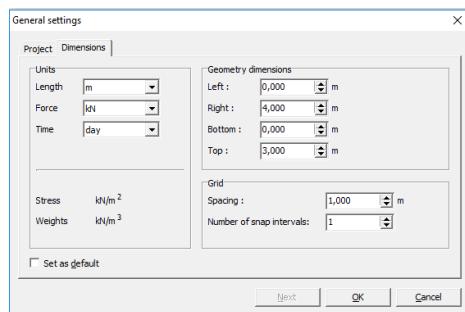
LAMPIRAN 2

Langkah-Langkah Pemodelan Perkerasan Komposit Menggunakan Plaxis

1. Buka program *Plaxis 8.6*, kemudian muncul kotak dialog *General Setting*. Isi kotak dialog sesuai parameter yang dibutuhkan.

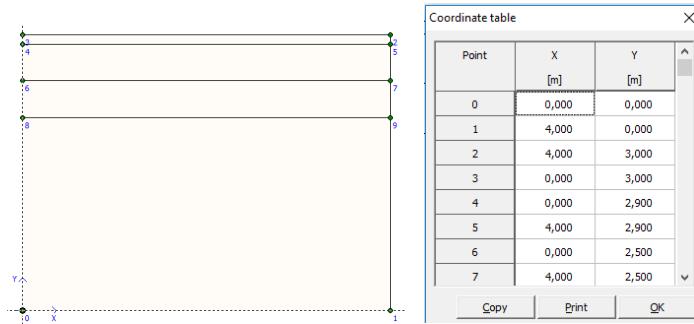


2. Klik *next*, kemudian isi kotak *Units* dan *Geometry Dimension* sesuai perencanaan.

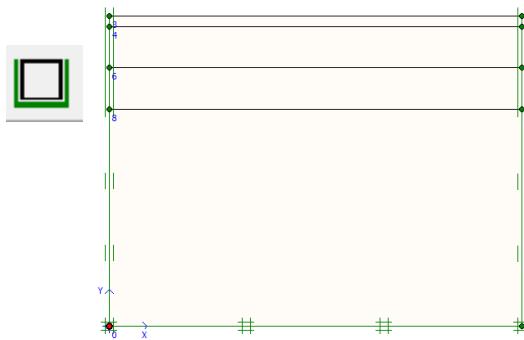


3. Setelah pengisian selesai klik **OK**.

4. Gambar model sesuai rencana dengan menggunakan fasilitas *Geometry Line*. Jarak antara titik ditentukan oleh nilai Spasi.



5. Setelah proses pemodelan, bentuklah kondisi-kondisi batas untuk menghindari perpindahan geometri yang tidak terkontrol. Klik tombol *Standard Fixities* pada *Toolbar* atau pilih dari menu *load* untuk menerapkan kondisi batas.

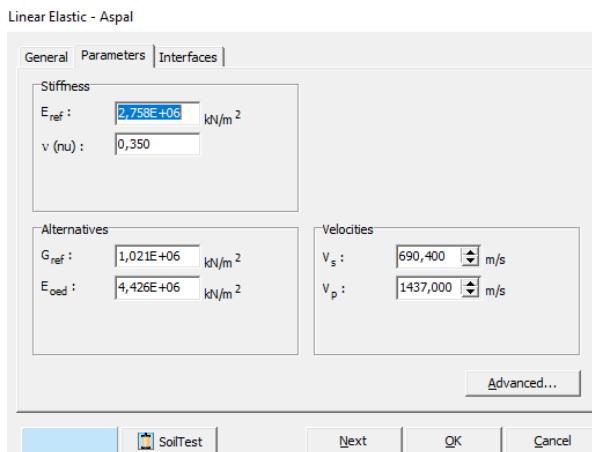
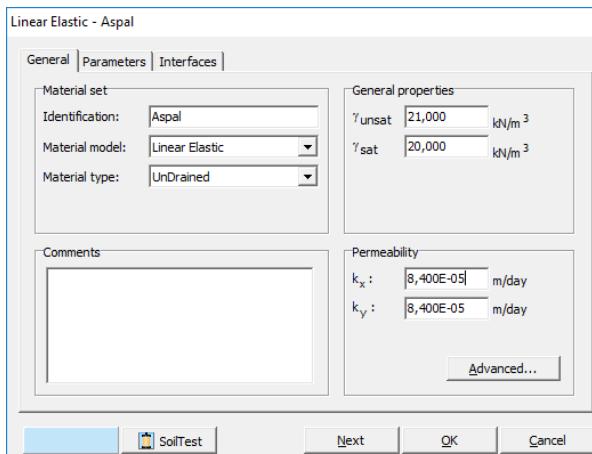


6. Pilih tombol *Material Sets* pada *Toolbar*



7. Definisikan beberapa material yang digunakan pada kotak dialog Material Sets dengan mengklik tombol new dan isilah sesuai data perencanaan.

Aspal



Lapisan Pondasi Atas (LPA)

Mohr-Coulomb - LPA

General | Parameters | Interfaces |

Material set

Identification: LPA

Material model: Mohr-Coulomb

Material type: Drained

General properties

γ_{unsat} : 22,000 kN/m³

γ_{sat} : 21,000 kN/m³

Comments

Permeability

k_x : 1200,000 m/day

k_y : 1200,000 m/day

Advanced...

SoilTest | Next | OK | Cancel

Mohr-Coulomb - LPA

General | Parameters | Interfaces |

Stiffness

E_{ref} : 3,100E+04 kN/m²

v (nu): 0,350

Strength

c_{ref} : 55,000 kN/m²

ϕ (phi): 52,000 °

ψ (psi): 0,000 °

Alternatives

G_{ref} : 1,148E+04 kN/m²

E_{oed} : 4,975E+04 kN/m²

Velocities

V_s : 71,520 m/s

V_p : 148,900 m/s

Advanced...

SoilTest | Next | OK | Cancel

Lapisan Pondasi Bawah (LPB)

Mohr-Coulomb - LPB

General | Parameters | Interfaces |

Material set

Identification: LPB

Material model: Mohr-Coulomb

Material type: Drained

General properties

γ_{unsat} : 16,000 kN/m³

γ_{sat} : 18,000 kN/m³

Comments

Permeability

k_x : 430,000 m/day

k_y : 430,000 m/day

Advanced...

Next | OK | Cancel | SoilTest |

Mohr-Coulomb - LPB

General | Parameters | Interfaces |

Stiffness

E_{ref} : 1300,000 kN/m²

$v(\nu)$: 0,490

Strength

c_{ref} : 30,000 kN/m²

$\phi(\phi)$: 40,000 °

$\psi(\psi)$: 0,000 °

Alternatives

G_{ref} : 436,242 kN/m²

E_{oed} : 2,225E+04 kN/m²

Velocities

V_s : 16,350 m/s

V_p : 116,700 m/s

Advanced...

Next | OK | Cancel | SoilTest |

Tanah Dasar

Mohr-Coulomb - Tanah

General | Parameters | Interfaces |

Material set

Identification: **Tanah**

Material model: Mohr-Coulomb

Material type: Drained

General properties

γ_{unsat} : 14,000 kN/m³

γ_{sat} : 16,000 kN/m³

Comments

Permeability

k_x : 0,864 m/day

k_y : 0,864 m/day

Advanced...

SoilTest | Next | OK | Cancel

Mohr-Coulomb - Tanah

General | Parameters | Interfaces |

Stiffness

E_{ref} : 5,205E+04 kN/m²

v (nu): 0,350

Strength

c_{ref} : 14,000 kN/m²

ϕ (ϕ): 1,000 °

ψ (ψ): 0,000 °

Alternatives

G_{ref} : 2,298E+04 kN/m²

E_{oed} : 9,959E+04 kN/m²

Velocities

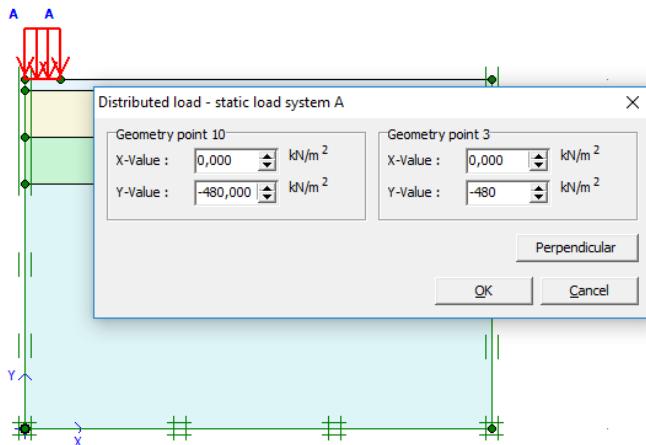
v_s : 126,800 m/s

v_p : 264,000 m/s

Advanced...

SoilTest | Next | OK | Cancel

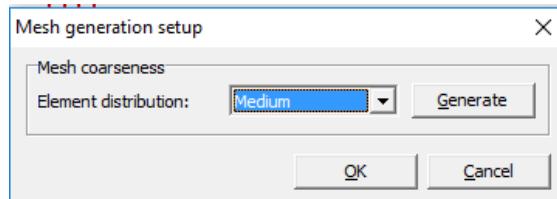
- Setelah mendefinisikan material, aplikasikan beban yang bekerja yaitu 480 kN/m^2



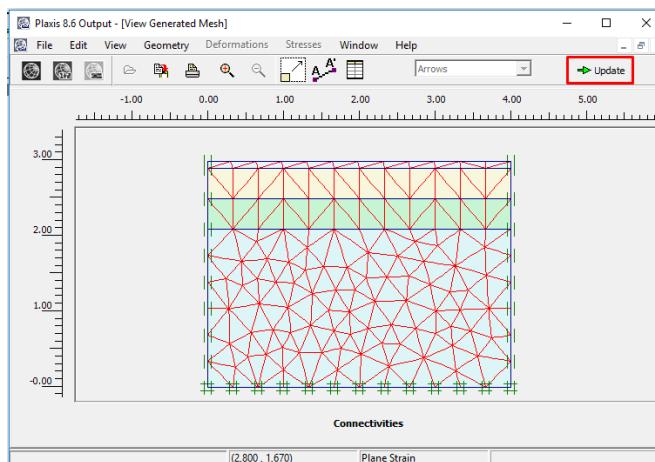
- Tahap selanjutnya adalah *Generate Mesh* dengan mengklik tombol *Generate Mesh* pada toolbar.



- Klik menu *Mesh*, kemudian pilih *Global Coarseness*, setelah itu muncul kotak dialog *Mesh Generation Setup*. Pilih *Medium* pada kotak *Element distribution*, setelah itu klik *Generate*.



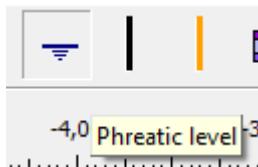
11. Klik Update pada kotak dialog yang muncul



12. Klik *Initial Conditions* pada *toolbar*.

Initial conditions

13. Buat garis *phreatic* dengan mengklik *Phreatic Level* pada *toolbar*.



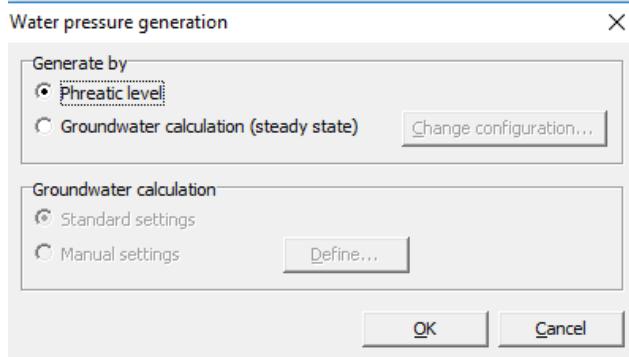
14. Pada tahapan ini penggambaran tekanan air berada di bawah tanah dasar atau tidak diperhitungkan karena permukaan air dianggap berada jauh dari perkerasan jalan.



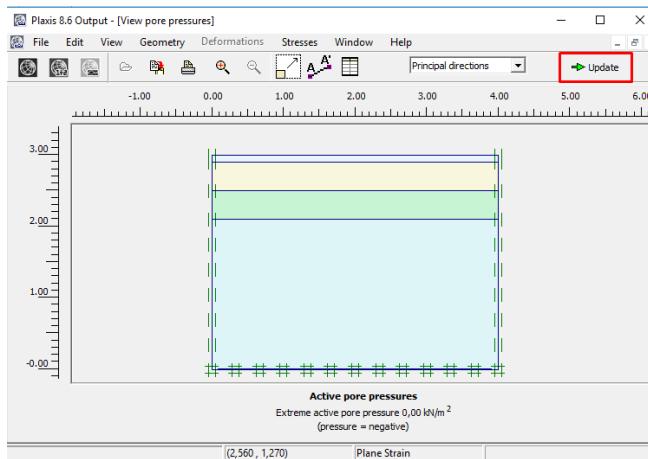
15. Pilih menu *Generate*, kemudian klik *Water Pressure*.



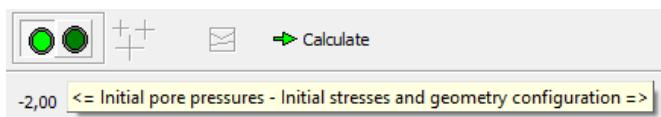
16. Akan muncul kotak dialog *Water Pressure Generation*, klik *OK*.



17. Setelah mengklik *OK*, muncul kotak dialog perhitungan tekan air tanah dan klik *Update*.



18. Berikutnya pilih menu *initial pore pressure* pada toolbar.



19. Pilih *Generate initial pressure* untuk menentukan *procedure k0*



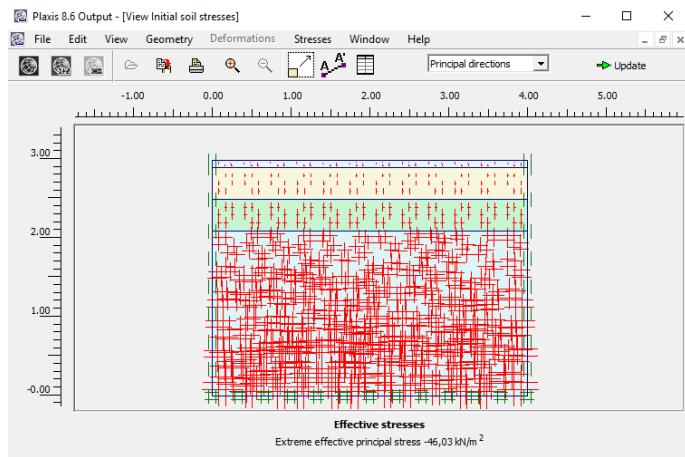
20. Tetapkan *default* pada kotak dialog yang muncul dan kemudian klik OK.

K0-procedure

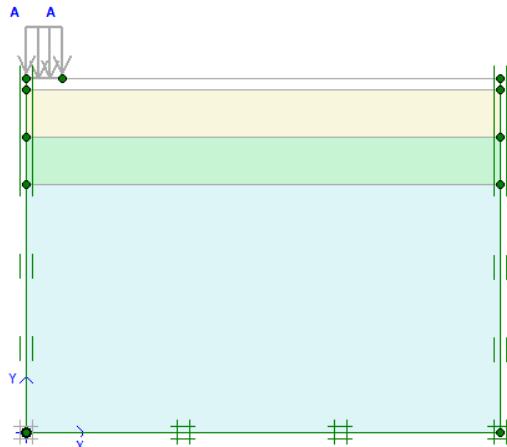
$\Sigma M\text{-weight} :$

Cluster	Material	OCR	POP	K0
1	MC	N/A	N/A	0,983
2	MC	N/A	N/A	0,983
3	Elastic	N/A	N/A	1,000

21. Pilih *Updated* pada kotak dialog yang muncul.



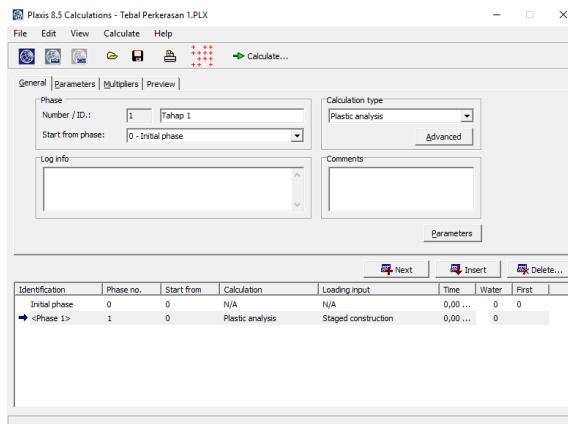
22. Langkah selanjutnya adalah non-aktifkan lapisan perkerasan aspal.



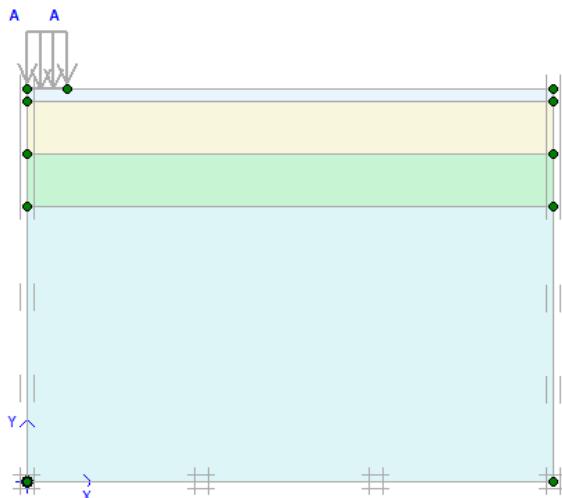
23. Setelah selesai, klik *Calculate* pada *toolbar* untuk memulai proses perhitungan.

Calculate

24. Pada bagian berikutnya adalah analisa perhitungan dengan menentukan setiap tahapan konstruksi. Isilah Tahap 1 pada kotak Phase.



25. Klik tombol *Parameters* dan definisikan Tahap 1. Tahap 1 berisi pemodelan 3 lapisan maka diaktifkan lapisan perkerasan lentur yaitu lapis permukaan (aspal), lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah, serta tanah dasar.

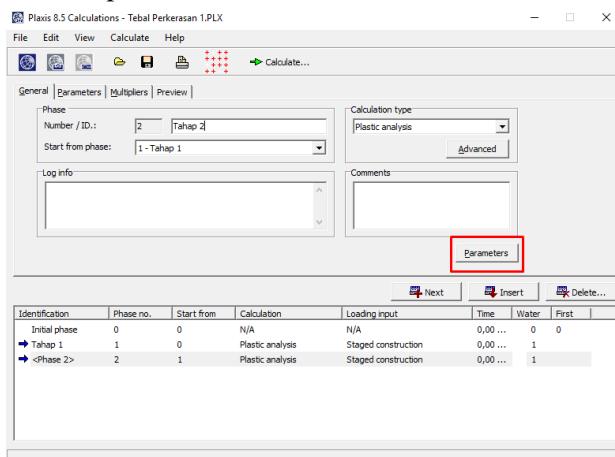


26. Setelah mengaktifkan lapisan, klik *Update* pada toolbar.

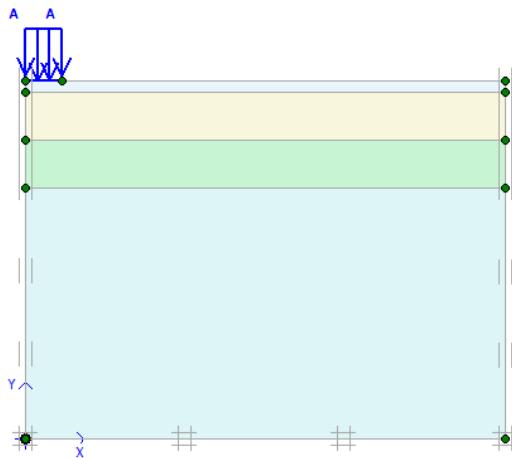


27. Tahap 1 selesai.

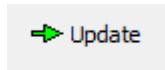
28. Isilah Tahap 2 kotak Phase



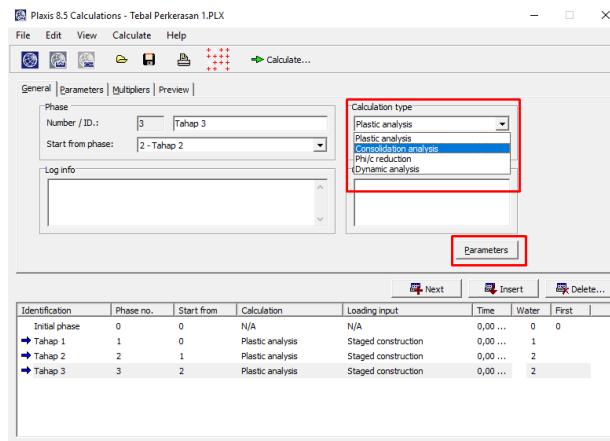
29. Klik tombol *Parameters* dan definisikan Tahap 2. Tahap 2 berisi penggambaran pembebanan kendaraan, berupa tekanan ban. Tekanan ban yang diberikan 480 kN/m² dengan asumsi satu kali pembebanan. Penggambaran ini dengan mengaktifkan tekanan ban.



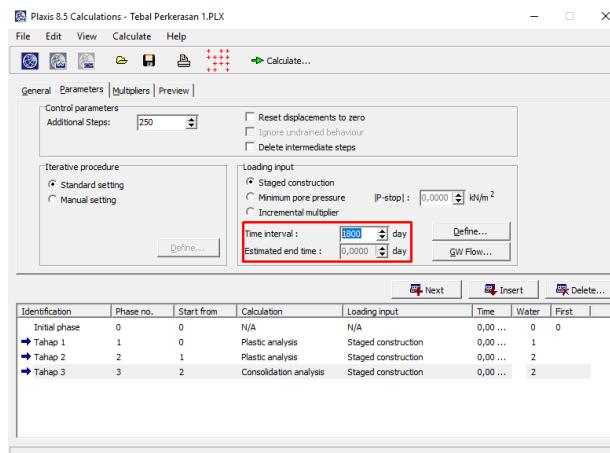
30. Setelah mengaktifkan lapisan, klik *Update* pada toolbar.



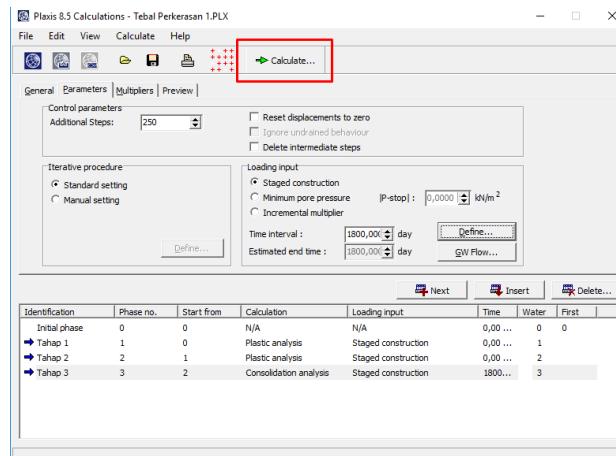
31. Tahap 2 selesai.
32. Isilah Tahap 3 kotak *Phase* dan tetapkan jenis perhitungan *Consolidation* pada kotak dialog *Calculation Type*.



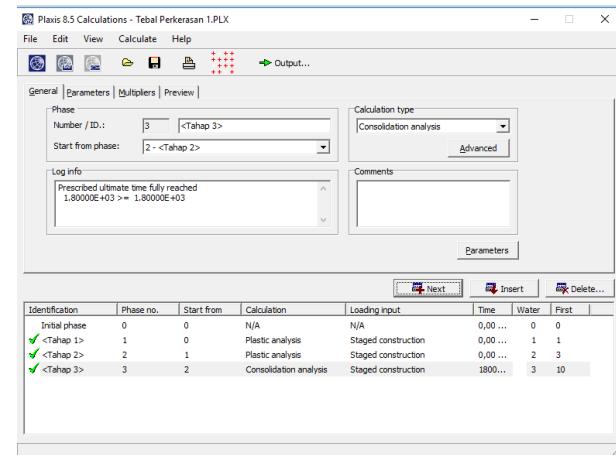
33. Klik menu *parameter* dan definisikan waktu konsolidasi 1800 hari (5 tahun) pada kotak dialog *interval time*.



34. Setelah mengaktifkan lapisan, klik Update pada toolbar.



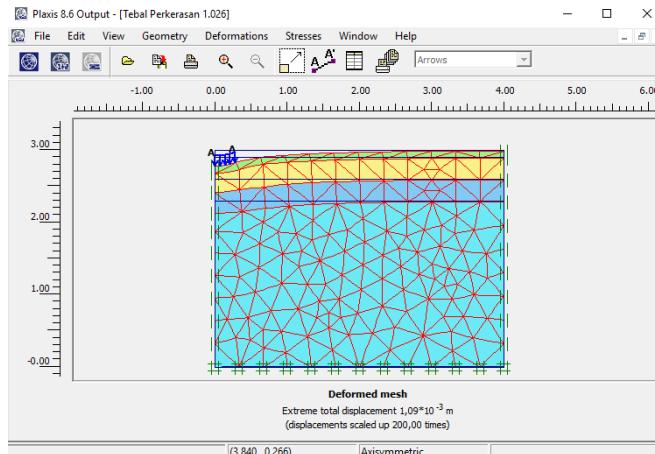
35. Periksa Tahapan Konstruksi apakah sudah benar atau ada tahapan yang kurang dengan melihat informasi pada kotak *Log Info*.



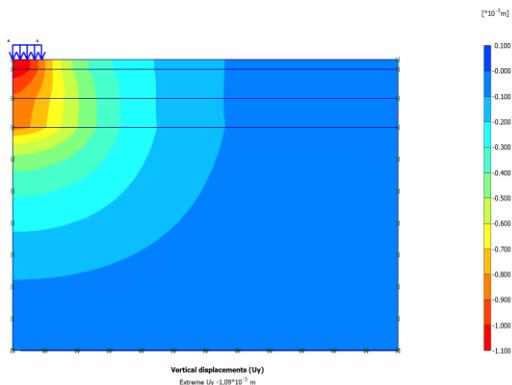
36. Saat semua Tahapan Konstruksi sudah benar, klik tombol *Output* pada toolbar.

 Output...

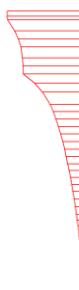
37. Tahapan ini merupakan tahapan akhir adalah pemaparan hasil analisis, dapat berupa tabel, grafik dan gambar. Penelitian ini meninjau defleksi yaitu bisa dilihat pada deformasi tanah dasar yang berupa perpindahan vertikal. Nilai-nilai yang dihasilkan *PLAXIS output* ini menggambarkan nilai kritis untuk setiap elemen, titik *nodal* maupun nilai yang inin diketahui pada titik atau lokasi yang diselidiki.



38. Perpindahan Vertikal (*Vertical Displacement*)



39. Potongan Melintang perpindahan vertikal.

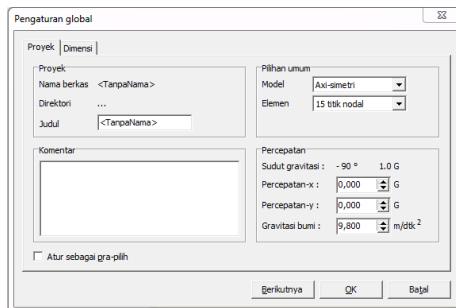


40. Tahapan pemodelan dan analisis untuk beberapa tebal perkerasan secara prinsip sama, yang membedakan hanya pada parameter tebal perkerasaan. Untuk contoh ini, diberikan Tebal perkerasan 1 dengan parameter tebal perkerasan LPA 30cm, LPB 30cm dan Aspal 10cm.

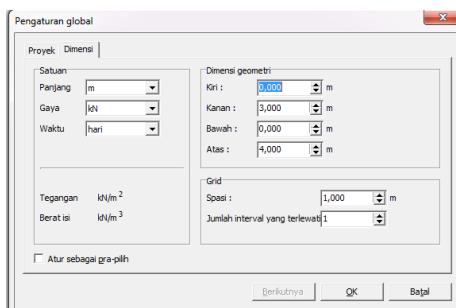
LAMPIRAN 3

Langkah-Langkah Pemodelan Perkerasan Semen Komposit Sebagai Lapis Pondasi Pada Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Software Plaxis 8.6

1. Buka program *Plaxis 8.6*, kemudian muncul kotak dialog Pengaturan Global. Isi kotak dialog sesuai parameter yang dibutuhkan dalam penelitian ini menggunakan pemodelan axi-simetri.

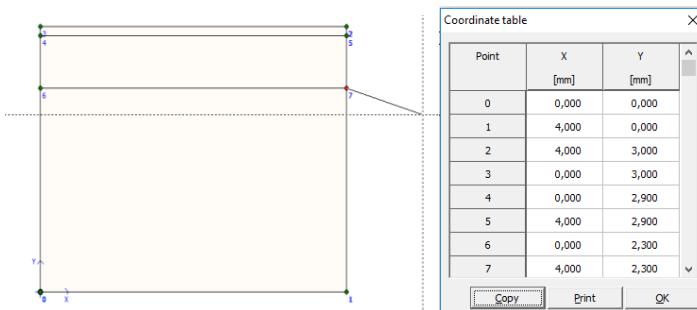


2. Klik berikutnya, kemudian isi kotak satuan dan Dimensi Geometri sesuai perencanaan.

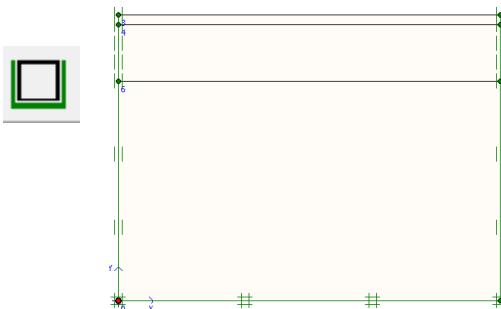


3. Setelah pengisian selesai klik OK.

4. Gambar model perkerasan sesuai rencana dengan menggunakan garis geometri. Jarak antara titik ditentukan oleh nilai Spasi.



5. Setelah proses pemodelan, bentuk kondisi-kondisi batas untuk menghindari perpindahan geometri yang tidak terkontrol. Klik gambar jepit standar pada *Toolbar* atau pilih dari menu beban untuk menerapkan kondisi batas.

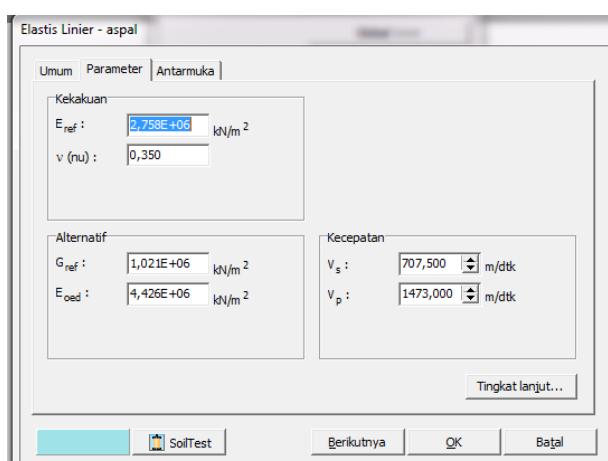
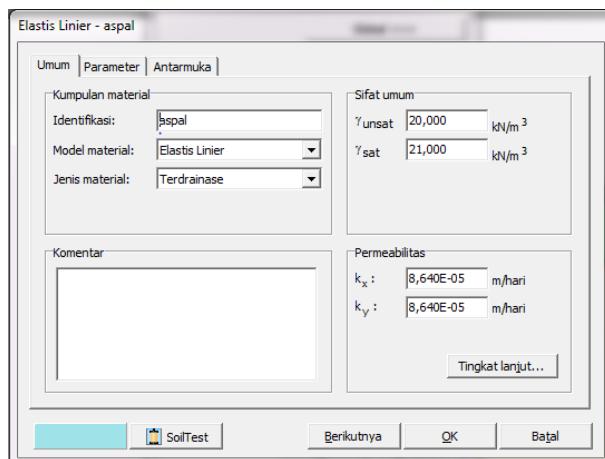


6. Pilih tombol kumpulan data material pada *Toolbar*



7. Definisikan beberapa material yang digunakan pada kotak dialog Kumpulan Data Material dengan mengklik tombol baru dan isilah sesuai data perencanaan.

Aspal



Semen Komposit

Mohr-Coulomb - Semen komposit

Umum | Parameter | Antarmuka |

Kumpulan material

Identifikasi: Semen komposit
Model material: Mohr-Coulomb
Jenis material: Terdrainase

Sifat umum

γ_{unsat} : 19,000 kN/m³
 γ_{sat} : 21,000 kN/m³

Komentar

Permeabilitas

k_x : 1,000E-04 m/hari
 k_y : 1,000E-04 m/hari

Tingkat lanjut...

SoilTest | Berikutnya | OK | Batal

Mohr-Coulomb - Semen komposit

Umum | Parameter | Antarmuka |

Kekakuan

E_{ref} : 7,850E+07 kN/m²
 v (nu): 0,150

Kekuatkan

c_{ref} : 1000,000 kN/m²
 ϕ (phi): 1,000 °
 ψ (psi): 0,000 °

Alternatif

G_{ref} : 3,413E+07 kN/m²
 F_{ref} : 8,289E+07 kN/m²

Kecepatan

V_s : 4196,000 m/dtk
 V_p : 6539,000 m/dtk

Tingkat lanjut...

SoilTest | Berikutnya | OK | Batal

Tanah Dasar

Mohr-Coulomb - Tanah Dasar

Umum | Parameter | Antarmuka |

Kumpulan material

Identifikasi: Tanah Dasar
Model material: Mohr-Coulomb
Jenis material: Tak terdrainase

Sifat umum

γ_{unsat} : 14,000 kN/m³
 γ_{sat} : 16,000 kN/m³

Komentar

Permeabilitas

k_x : 0,864 m/hari
 k_y : 0,864 m/hari

Tingkat lanjut...

Berikutnya | OK | Batal | SoilTest |

Mohr-Coulomb - Tanah Dasar

Umum | Parameter | Antarmuka |

Kekakuan

E_{ref} : 6,205E+04 kN/m²
 v (ν): 0,200

Kekuatan

c_{ref} : 14,000 kN/m²
 ϕ (ϕ): 1,000 °
 ψ (ψ): 0,000 °

Alternatif

G_{ref} : 2,586E+04 kN/m²
 E_{ed} : 6,895E+04 kN/m²

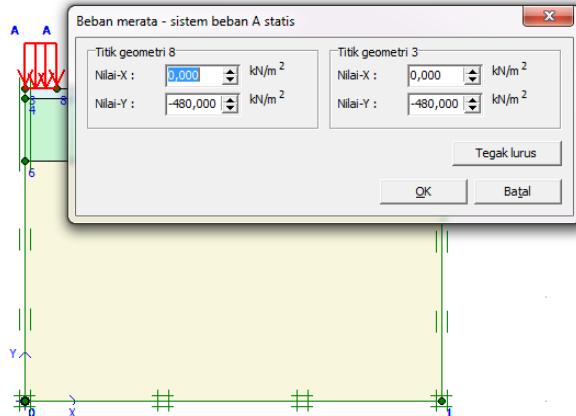
Kecepatan

V_s : 134,500 m/dtk
 V_p : 219,700 m/dtk

Tingkat lanjut...

Berikutnya | OK | Batal | SoilTest |

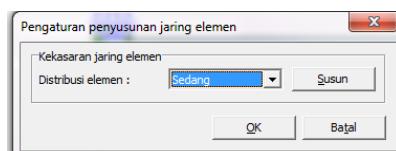
8. Setelah mendefinisikan material, aplikasikan beban yang bekerja yaitu 480 kN/m^2



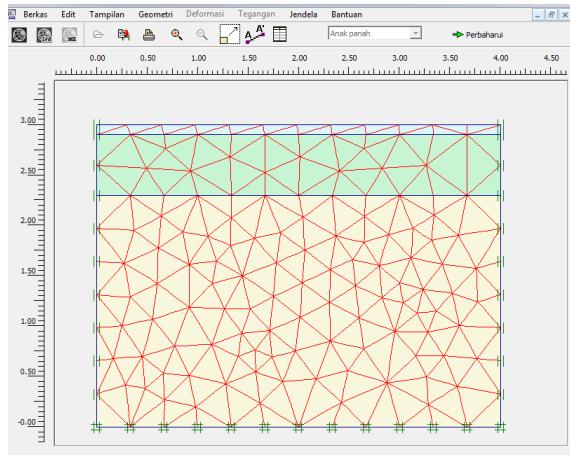
9. Tahap selanjutnya adalah Susun Jaringan Elemen dengan mengklik gambar Susun Jaringan Elemen pada toolbar.



10. Klik menu Jaringan Elemen, kemudian pilih Kekasaran Global, setelah itu akan muncul kotak dialog Kekasaran Jaring Elemen. Pilih Sedang pada kotak Distribusi Elemen, setelah itu klik Susun.



11. Klik Perbarui pada kotak dialog yang muncul



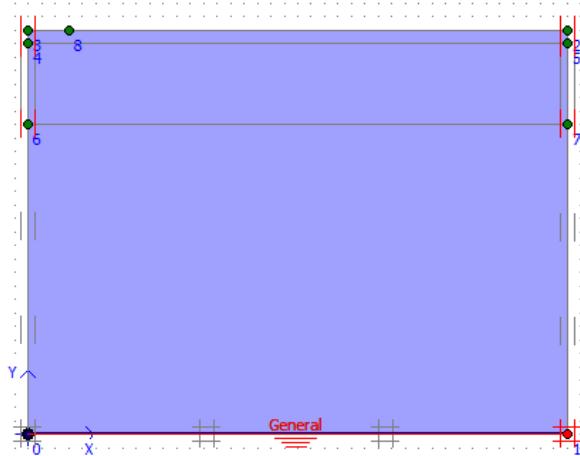
12. Klik Kondisi Awal pada *toolbar*.

Kondisi awal

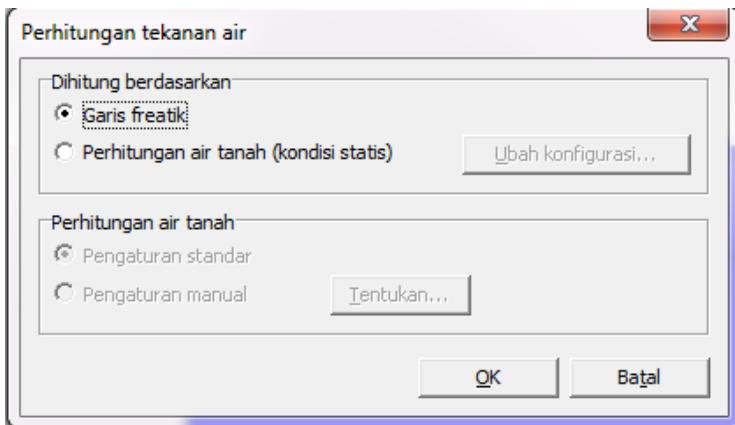
13. Buat garis Freatik dengan mengklik Garis Freatik pada *toolbar*.



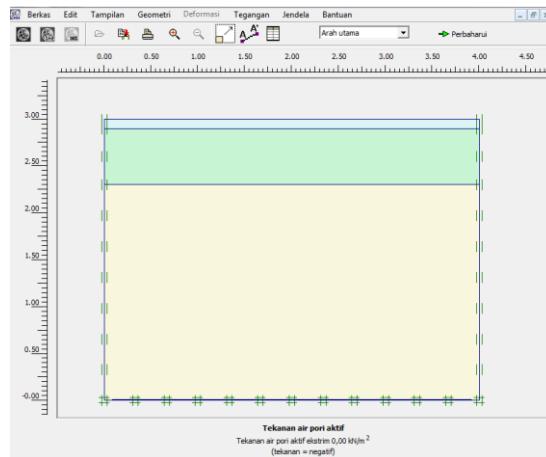
14. Pada penelitian ini tahapan ini penggambaran tekanan air berada di bawah tanah dasar atau tidak diperhitungkan karena permukaan air dianggap berada jauh dari perkasan jalan.



15. Pilih menu Hitung, kemudian pilih Tekanan Air
16. Kemudian akan muncul kotak dialog Perhitungan Tekanan Air, pilih Garis Freatic, klik *OK*.



17. Setelah mengklik *OK*, muncul kotak dialog perhitungan tekan air tanah dan klik Perbarui.



18. Berikutnya pilih menu Tekanan Air Pori Awal pada *toolbar*.

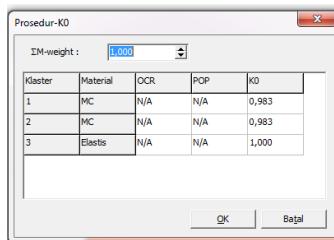




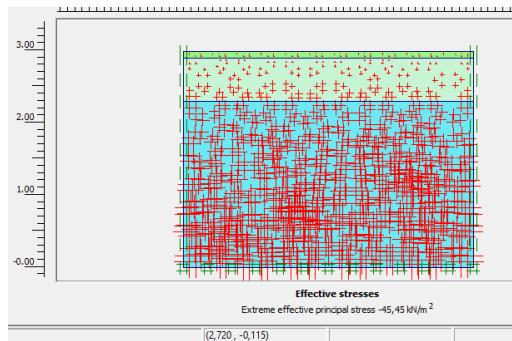
19. Pilih Tekanan Air Pori Awal lagi kemudian klik gambar Hitung Tegangan Awal untuk menentukan Prosedur k_0



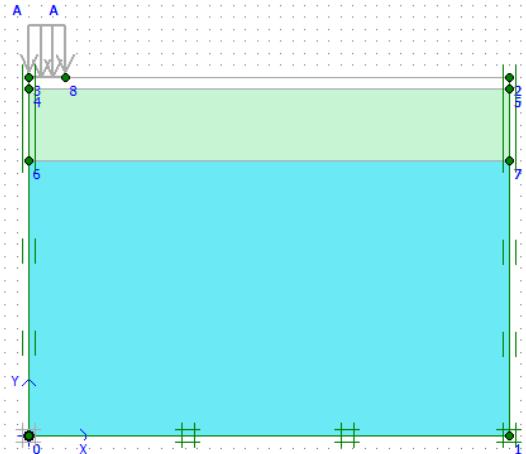
20. Tetapkan *default* pada kotak dialog yang muncul dan kemudian klik OK.



21. Setelah itu akan muncul gambar Tekanan Tanah Awal seperti berikut ini kemudian pilih Perbarui pada kotak dialog yang muncul.



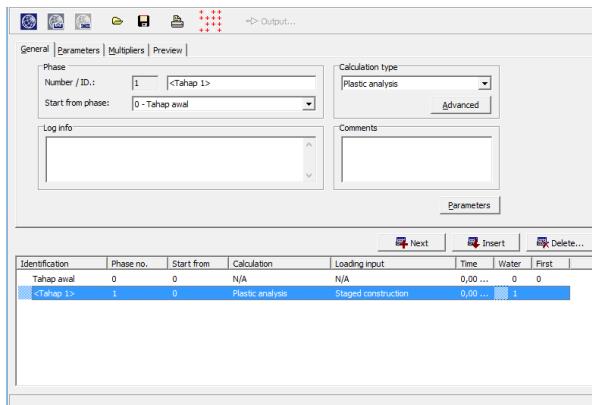
22. Langkah selanjutnya adalah non-aktifkan lapisan perkerasan aspal.



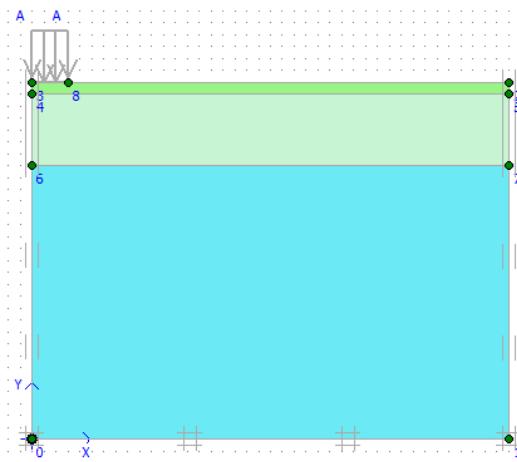
23. Setelah selesai, klik Hitung pada *toolbar* untuk memulai proses perhitungan.

Hitung

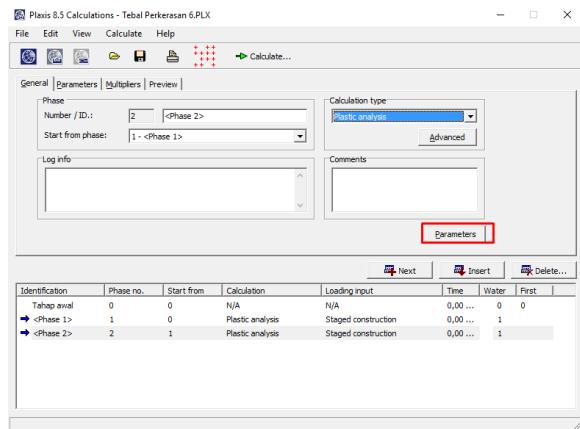
24. Pada bagian berikutnya adalah analisa perhitungan dengan menentukan setiap tahapan konstruksi. Isilah Tahap 1 pada kotak Phase.



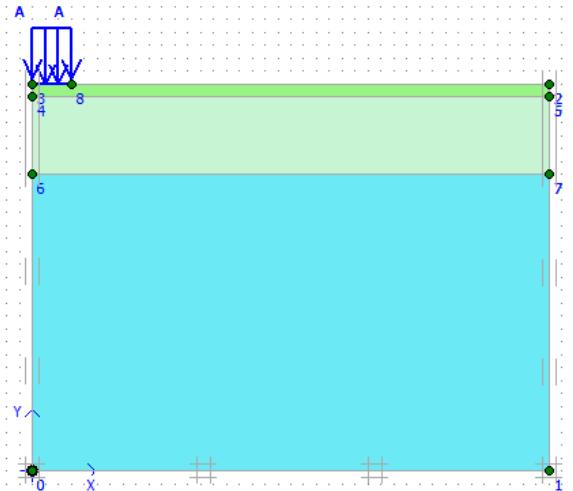
25. Klik tombol Parameter dan definisikan Tahap 1. Tahap 1 berisi pemodelan 2 lapisan maka diaktifkan lapisan perkerasan lentur yaitu lapis permukaan (aspal), lapis pondasi semen komposit, serta tanah dasar.



26. Setelah mengaktifkan lapisan, klik Perbarui pada *toolbar*.
 27. Tahap 1 selesai.
 28. Isilah Tahap 2 kotak Phase

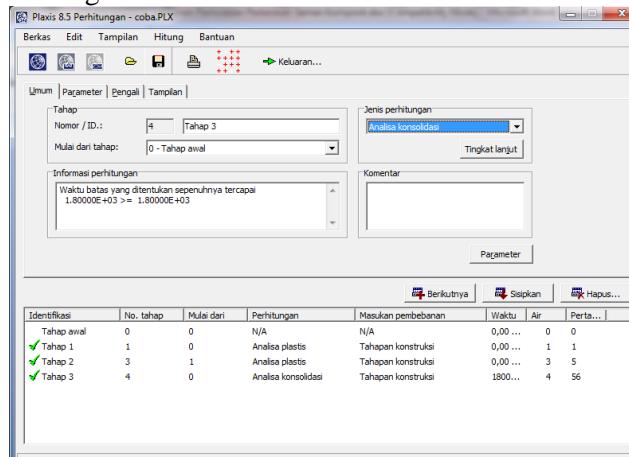


29. Klik tombol Parameter dan definisikan Tahap 2. Tahap 2 berisi penggambaran pembebanan kendaraan, berupa tekanan ban. Tekanan ban yang diberikan 480 kN/m² dengan asumsi satu kali pembebanan. Penggambaran ini dengan mengaktifkan tekanan ban.

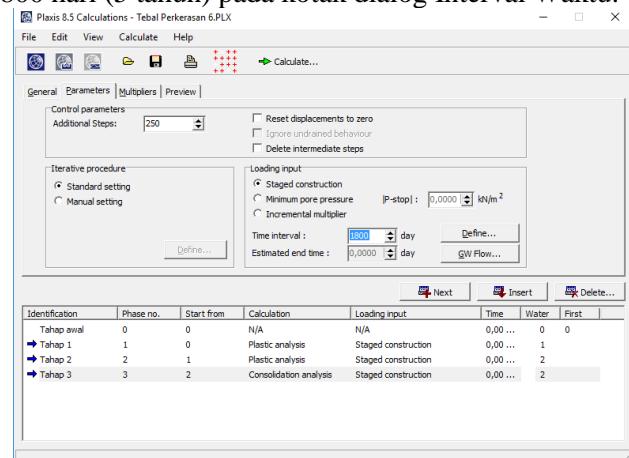


30. Setelah mengaktifkan lapisan, klik Perbarui pada toolbar.
 31. Tahap 2 selesai.

32. Isilah Tahap 3 kotak dan tetapkan jenis perhitungan Analisa Konsolidasi pada kotak dialog Jenis Perhitungan.

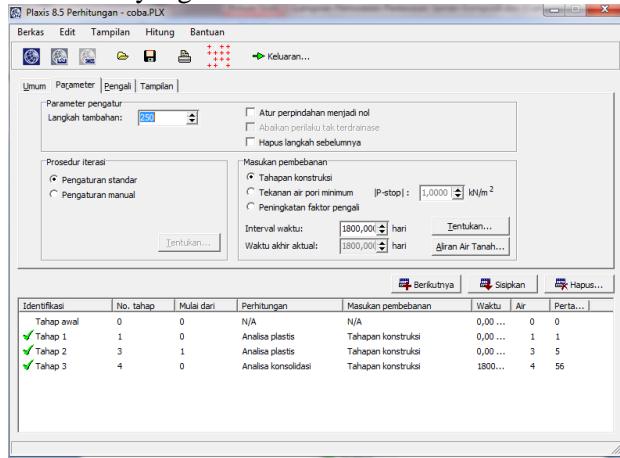


33. Klik menu Parameter dan definisikan waktu konsolidasi 1800 hari (5 tahun) pada kotak dialog Interval Waktu.



34. Setelah mengaktifkan lapisan, klik Perbarui pada toolbar.

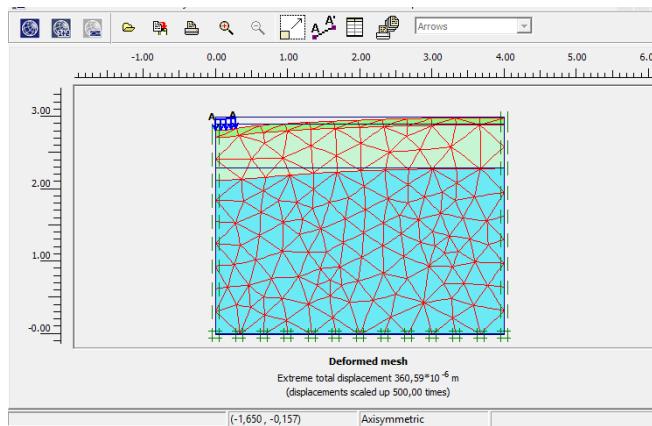
35. Periksa Tahapan Konstruksi apakah sudah benar atau ada tahapan yang kurang dengan melihat informasi pada kotak info yang akan muncul.



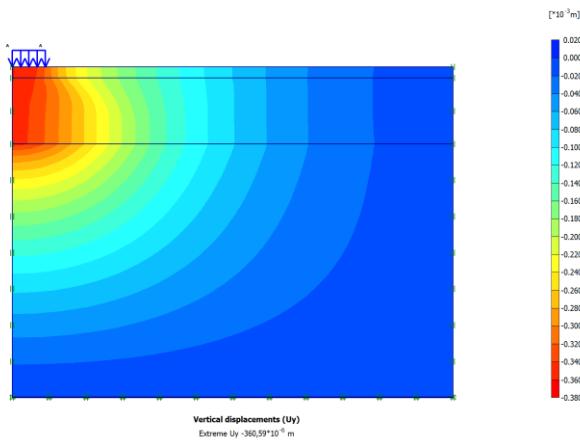
36. Saat semua Tahapan Konstruksi sudah benar, klik tombol Keluaran pada toolbar.



37. Tahapan ini merupakan tahapan akhir adalah pemaparan hasil analisis, dapat berupa tabel, grafik dan gambar. Penelitian ini meninjau defleksi yaitu bisa dilihat pada deformasi tanah dasar yang berupa perpindahan vertikal. Nilai-nilai yang dihasilkan Keluaran Plaxis ini menggambarkan nilai kritis untuk setiap elemen, titik nodal maupun nilai yang inin diketaui pada titik atau lokasi yang diselidiki.



38. Pilih item Deformasi yang akan diinginkan untuk meninjau defleksi yang terjadi baik vertikal, horisontal, ataupun defleksi total dengan cara klik Deformasi pada toolbar.
39. Perpindahan Vertikal (Vertical Displacement)



40. Potongan Melintang perpindahan vertikal.



41. Tahapan pemodelan dan analisis untuk beberapa tebal perkerasan yang lain secara prinsip sama, yang membedakan hanya pada parameter tebal perkerasaan sedangkan parameter material tetap sama. Dalam contoh langkah pemodelan ini, diberikan Tebal perkerasan Semen Komposit 60cm dan Aspal 10cm (Lapis Perkerasan 6).

Jalan Raya

Jalan Perkebunan

Jalan Tambang

Jalan Hutan Tamaman Industri

Konstruksi Lantai

Konstruksi Basement

Area Parkir

Shallow & Deep Foundations

Reklamasi Pantai

Struktur Bendung

Tambak dan Kolam Ikan

Stabilisasi

Tanah Lunak & Ekspansif

Stabilisasi Tanah Gambut

CBR
100

SOLUSI STABILISASI TANAH

Memaksimalkan Tanah Semen

CBR > 100%

Pengganti Base dan Sub-Base Jalan
Aplikasi untuk Berbagai Jenis Tanah
Tahan Air
Mudah dalam Pelaksanaan
Produk Dalam Negeri
Ramah Lingkungan



DIFA® SS adalah bahan aditif untuk memaksimalkan ikatan soil cement

DIFA® SS merupakan serbuk halus terdiri dari komposisi mineral anorganic yang aman terhadap lingkungan

Dikembangkan di Indonesia sehingga memiliki tingkat keberhasilan yang tinggi dari soal cement standar

KEUNGGULAN
DIFA® SOIL STABILIZER

Meningkatkan parameter daya dukung tanah.
Jalan menjadi tidak lembek/becek saat musim hujan dan tidak berdebu di musim kering.

Jalan dapat dilalui pada hari ke 4 (curing time 4 - 14 hari).

Semakin sering terendam air semakin baik.

Tidak brittle

Kedap air - permeabilitas setara geosynthetic (10^{-6} - 10^{-12} cm / detik)

Dapat dicampur dengan bahan stabilisator tanah yang lain (Flyash, Semen, Abu sekali dan cementitious materials lainnya).

Modulus elastisitas (E) DIFA® SS bernilai antara E Tanah dan E Beton.

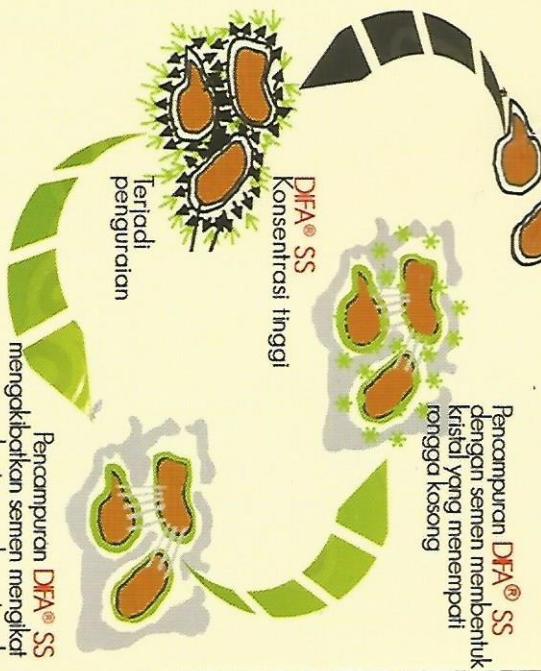
Mencegah settlement.
Ramah lingkungan.

DIFA® Soil Stabilizer | DIFA® BIOREMEDITION | HYDRAQ® Flotation

TANAH SEMEN OLEH DIFA® SS

Lapisan tipis (⁰A) di permukaan tanah yang mengandung mineral anorganik

Partikel Tanah



MENGAPA HARUS TEBAL JIKA BISA TIPIS ?

PERBANDINGAN KONSTRUKSI JALAN KONVENTIONAL dengan KONSTRUKSI DIFA® SS

HOTMIX = 5cm
LPA = 20cm, Base Coarse
CBR = 90 %
LPB = 30cm, Sub - Base Coarse
CBR = 60 %

Konstruksi Jalan Batu

HOTMIX = 3cm
DIFA SS = 20cm
CBR 100 %

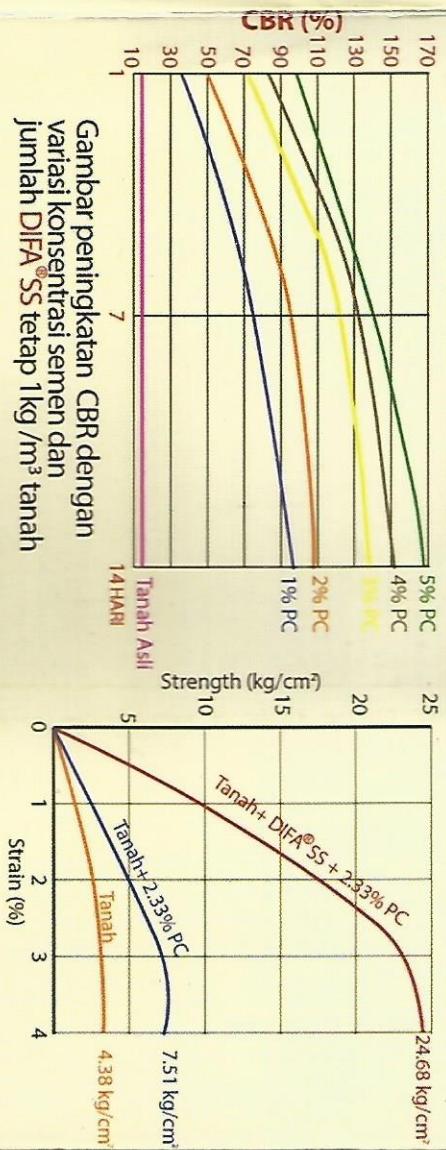
Konstruksi Jalan DIFA® SS

Aplikasi DIFA® SOIL STABILIZER terdiri dari komposisi tanah, semen, dan binder lainnya. Komposisi campuran disesuaikan dengan CBR (California Bearing Ratio) desain. CBR > 80% = 1m³ tanah : (80 - 120) kg Semen : 1 - 2 kg DIFA® SS CBR < 35% = 1m³ tanah : (4 - 15) kg Semen : 0,2 kg DIFA® SS



NILAI CBR (%) - VARIASI SEMEN - DIFA® SS 1 kg

Unconfined Compression Strength (UCS) Test pada umur benda uji satu hari



Gambar peningkatan CBR dengan variasi konsentrasi semen dan jumlah DIFA® SS tetap 1kg /m³ tanah





LABORATORIUM BAHAN BANGUNAN

Program Diploma Teknik Sipil SV. UGM

Jl. Yacaranda Sekip Unit IV Telp. (0274) 545193 Fax. (0274) 545193 HP. 085101460041

HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN TANAH

Nomor : 57724 / 11 / 15 / TK / Lab. BB PDTs / SV - UGM
Pengirim : PT. Difa Mahakarya
Keperluan : Cek Kuat Tekan Tanah Surabaya

No	Tanda / Kode benda uji (*)	Tgl Sampel	Tgl. Diuji	Umur (hari)	Tinggi (mm)	Luas (mm ²)	Berat (Kg)	Berat Jenis Kg/m ³	Beban Maks (KN)	Kuat Tekan (Kg / Cm ²)	Kuat Tekan Rata2 (Kg / Cm ²)	Keterangan (*)
1	Tanah 1m ³ +80 Kg Pc + 1 Kg Difa	20/11/15	27/11/15	7	50	2500	0.228	1824.00	1.64	6.68		Tanah 01
2	Tanah 1m ³ + 100 Kg Pc + 1 Kg Difa	20/11/15	27/11/15	7	50	2500	0.233	1864.00	2.41	9.82		Tanah 01
3	Tanah 1m ³ + 120 Kg Pc + 1 Kg Difa	20/11/15	27/11/15	7	50	2500	0.243	1944.00	3.97	16.18		Tanah 01
4	Tanah 1m ³ +80 Kg Pc + 1 Kg Difa	20/11/15	27/11/15	7	50	2500	0.228	1824.00	2.17	8.84		Tanah 09
5	Tanah 1m ³ + 100 Kg Pc + 1 Kg Difa	20/11/15	27/11/15	7	50	2500	0.235	1880.00	2.77	11.29		Tanah 09
6	Tanah 1m ³ + 120 Kg Pc + 1 Kg Difa	20/11/15	27/11/15	7	50	2500	0.240	1920.00	3.26	13.29		Tanah 09

(*) Kode Sampel, dan tanggal sampel Berdasar data pengirim
Jumlah benda uji (agar mewakili) minimal 10 sampel untuk setiap mutu / kode

Yogyakarta, 27 Nopember 2015

Kegala Lab Bahan Bangunan
PDTs SV UGM

PROGRAM DIPLOMA
TEKNIK SIPIL
SV - UGM
Edi Kurniadi, ST, MT.

NRP. 197111161998031005

