TUGAS AKHIR

PREDIKSI KERUSAKAN DAN UMUR LAYAN PERKERASAN LENTUR PADA RUAS JALAN GONDANGLEGI – SP. BALEKAMBANG STA 8+000 – 16+000 MENGGUNAKAN PENDEKATAN VISKOELASTIS

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Teknik Sipil

ADRYAN FIRMANSYAH

21511088

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL – PROGRAM SARJANA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK DESAIN INOVASI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2026

TUGAS AKHIR

PREDIKSI KERUSAKAN DAN UMUR LAYAN PERKERASAN LENTUR PADA RUAS JALAN GONDANGLEGI – SP. BALEKAMBANG STA 8+000 – 16+000 MENGGUNAKAN PENDEKATAN VISKOELASTIS

Disusun oleh

Adryan Firmansyah
21511088

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 14 Agustus 2026

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing :
Ir. Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D
NIK : 955110103
Tanggal :

Penguji I :
Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc.
NIK : 145110101
Tanggal :

Penguji II :
Prima Juanita Romadhona, S.T., M.Sc.
NIK : 135111103
Tanggal :

Mengesahkan,
Plt. Ketua Program Studi Teknik Sipil – Program Sarjana

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK DESAIN INOVASI
YOGYAKARTA

27/8-26

Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng.
NIK: 165110105

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya dengan penuh kesadaran menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil karya saya sendiri, disusun sebagai salah satu syarat penyelesaian studi pada Program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Setiap bagian dalam laporan ini yang berasal dari karya pihak lain terlah dicantumkan sumbernya secara jelas, sesuai dengan aturan, kaidah, dan etika penulisan ilmiah yang berlaku. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa laporan Tugas Akhir ini, baik sebagai maupun seluruhnya, bukan merupakan karya asli saya atau mengandung unsur plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan, termasuk pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 14 Agustus 2026

Penulis,



Adryan Firmansyah

(21511088)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "*Prediksi Kerusakan dan Umur Layan Perkerasan Lentur Pada Ruas Jalan Gondanglegi-Sp.Balekambang STA 8+000 – 16+000 Menggunakan Pendekatan Viskoelastis*" ini dengan baik. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat Sarjana (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Desain Inovasi Universitas Islam Indonesia.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, atas segala bimbingan, kesabaran, dan ketulusan dalam membimbing penulis sejak awal hingga akhir.
2. Ibu Dr. Ir. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc. dan Ibu Prima Juanita Romadhona, S.T., M.Sc, selaku Dosen Penguji Tugas Akhir yang telah memberikan banyak masukan, saran, dan evaluasi untuk menjadi pribadi yang lebih baik kedepannya.
3. Ibu Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng, selaku Plt. Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Desain Inovasi, Universitas Islam Indonesia.
4. Seluruh Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Desain Inovasi, Universitas Islam Indonesia, yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis selama menempuh studi.
5. Kepada yang tercinta, sandaran dalam hidup Ibu Suryaningsih dan Bapak Iksan, dua orang yang sangat berjasa, dua orang yang selalu mengusahakan anak terakhirnya ini menempuh pendidikan setinggi tingginya. Terima kasih atas setiap cucuran keringat, kerja keras, motivasi, doa, dan harapan yang selalu mengiringi setiap langkah dan ikhtiar penulis menjadi seseorang yang

berpendidikan, terima kasih atas kasih sayang tanpa batas yang tak pernah lekang oleh waktu, atas kesabaran dan pengorbanan yang selalu mendampingi hidup penulis, terima kasih telah menjadi sumber kekuatan dan inspirasi, serta pelita yang tak pernah padam dalam setiap langkah yang penulis tempuh.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat menjadi inovasi untuk kedepannya dan bermanfaat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membacanya. *Wassalamualaikum warahmatullah wabarakatuh.*

Yogyakarta, 14 Agustus 2026

Penulis,



Adryan Firmansyah

(21511088)

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR i
TUGAS AKHIR ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR LAMPIRAN xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xiv
ABSTRAK xv
ABSTRACT xvi
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Batasan Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Kinerja Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2024 5
2.2 Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Pendekatan Viskoelastik 6
2.3 Perbandingan Substansi Penelitian 8
BAB III LANDASAN TEORI 13
3.1 Perkerasan Lentur 13
3.1.1 Lapisan Permukaan (*Surface Course)* 14
3.1.2 Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*) 15

3.1.3 Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*) 16
3.1.4 Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*) 16
3.2 Desain Tebal Perkerasan Berdasarkan Metode Bina Marga 2024 17
3.2.1 Umur Rencana 18
3.2.2 Pemilihan Struktur Perkerasan 19
3.2.3 Faktor Distribusi Lajur 19
3.2.4 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas 20
3.2.5 Data Lalu Lintas 21
3.2.6 Beban Lalu Lintas 21
3.2.7 Faktor Ekuivalen beban 22
3.2.8 CBR (California Bearing Ration) 22
3.3 Program KENPAVE 23
3.3.1 Data *Path* 23
3.3.2 *File Name* 23
3.3.3 *Help* 24
3.3.4 *LAYERINP atau SLABINP* 24
3.3.5 *KENLAYER atau KENSLAB* 24
3.3 Program KENLAYER 24
3.4.1 *File* 25
3.4.2 *Menu* 25
3.4.3 *Zcoord* 25
3.4.4 *Layer* 26
3.4.5 *NBOUND* 26
3.4.6 *Modul* 27
3.4.7 *Load* 28

3.4.8 *Viscoelastic* 28
3.4 Analisis Kerusakan Perkerasan 31
3.7.1 *Fatigue Cracking* 31
3.7.2 *Rutting* 31
3.7.3 *Permanent Deformation* 32
3.5 Nilai Umur Layan 32
3.6 Karakteristik Material 33
3.7.1 *Elastic Layer* 33
3.7.2 *Viscoelastic Layer* 33
BAB IV METODE PENELITIAN 34
4.1 Metode Penelitian 34
4.2 Pengumpulan Data 34
4.3 Lokasi Penelitian 35
4.4 Tahapan Desain Struktur Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2024 36
4.5 Tahapan Analisis Menggunakan Program *KENPAVE* 36
4.6 Analisis Nilai Umur Layan Struktur Perkerasan Lentur 37
4.7 Bagan Alir Penelitian 37
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 39
5.1 Data Penelitian 39
5.1.1 Data Lalu Lintas 39
5.1.2 Data Nilai CBR 40
5.1.3 Data Tebal Perkerasan Eksisting 41
5.2 Desain Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga 2024 42
5.2.1 Perhitungan Beban Lalu Lintas 42
5.2.2 Penentuan Tebal Lapis Perkerasan Bina Marga 2024 48

5.3 Analisis Tebal Perkerasan Menggunakan *KENPAVE* 54
5.3.1 Analisis Tebal Desain Perkerasan Menggunakan *KENPAVE* dengan pemodelan Viskoelastik 54
5.3.2 `Hasil Analisis *KENLAYER* 64
5.4 Alternatif Tebal Struktur Perkerasan 68
5.5 Nilai Umur Layan 73
5.6 Pembahasan 77
5.6.1 Perbandingan Tebal Desain Perkerasan Eksisting, Desain Metode Bina Marga 2024, dan Desain Optimal 77
5.6.2 Nilai Tegangan, Regangan Maksimum dan Prediksi Kerusakan Perkerasan Eksisting, Desain Bina Marga 2024, dan Desain Optimal 81
5.6.3 Perbandingan Nilai Umur Layan dari Sturktur Perkerasan Jalan dari Struktur Perkerasan Eksisting, Desain Bina Marga 2024, dan Desain Alternatif 87
BAB VI KESIMPULAN 90
6.1 Kesimpulan 90
6.2 Saran 91
DAFTAR PUSTAKA 93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Lapisan Perkerasan Lentur 13
Gambar 3. 2 Ilustrasi Distribusi Beban Pada Lapis Perkerasan 14
Gambar 3. 3 Jenis Tanah Dasar Ditinjau dari Muka Tanah Asli 17
Gambar 3.4 Tampilan Awal Pada Program KENPAVE 23
Gambar 3.5 Tampilan *Layernip* 24
Gambar 3.6 Tampilan *General* 25
Gambar 3.7 Tampilan *Zcoord* 26
Gambar 3.8 Tampilan Layer 26
Gambar 3.9 Tampilan *Interface* 27
Gambar 3.10 Tampilan *Modul* 27
Gambar 3.11 Tampilan *Load* 28
Gambar 3.12 Tampilan *General* pada *Viscoelastic* 29
Gambar 3.13 Tampilan Jendela *Time* pada Menu *Viscoelastic* 29
Gambar 3.14 Tampilan Jendela *Layer* pada *Viscoelastic* 30
Gambar 3. 15 Tampilan Jendela *Creep* pada *Viscoelastic* 30
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian Ruas Jalan Gondanglegi-Balekambang STA 8+000 sampai dengan STA 16+000 35
Gambar 4.2 Diagram Alir Penelitian 38
Gambar 5.1 Tebal Alternatif Desain Lapis Perkerasan 53
Gambar 5.2 Letak Titik Tinjau Kerusakan Eksisting 56
Gambar 5.3 *Plan View of Multiple Wheels* 58
Gambar 5. 4 Letak Titik Tinjau Berdasarkan Jenis Roda 59
Gambar 5.5 Perbandingan Tebal Perkerasan Eksisting dan Desain Alternatif 70
Gambar 5. 6 Perbandingan Tebal Perkerasan Desain Eksisting , Desain Bina Marga, dan Desain Optimum 80
Gambar 5.7 Nilai Tegangan Maksimum Lapis Perkerasan 83
Gambar 5.8 Nilai Regangan Maksimum Lapis Perkerasan 83
Gambar 5.9 Perbandingan Umur Layan pada Masing-masing Perkerasan 88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Tentang Penelitan demgan Topic Desain Perkerasan 9
Tabel 3.1 Umur Rencana Pekerasan Jalan Baru (UR) 18
Tabel 3.2 Pemilihan Jenis Perkerasan 19
Tabel 3.3 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%) 20
Tabel 3.4 Faktor Distribusi Lajur (DL) 20
Tabel 3.5 Nilai VDF masing-masing Jenis Kendaraan untuk Jawa Timur – Jalan Lintas Tengah 22
Tabel 5.1 Data Lalu Lintas Harian Rerata Ruas Jalan Gondanglegi-Balekambang STA 8+000-16+000 39
Tabel 5.2 Data Lalu Lintas Harian Rerata Ruas Jalan Kepanjen-Malang 40
Tabel 5.3 Data Nilai CBR 40
Tabel 5.4 Kondisi Ruas Jalan Gondanglegi-Balekambang, Jawa Timur 42
Tabel 5.5 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Nilai (i) 43
Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai *CESA 4* 46
Tabel 5.7 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai *CESA* 5 47
Tabel 5.8 Pemilihan Jenis Perkerasan berdasarkan Nilai Pembebanan 48
Tabel 5.9 Desain Perkerasan Lentur dengan Lapis Fondasi Agregat (aspal pen 60/70 dan PG70) 50
Tabel 5.10 Bagan Desain Penyesuaian tebal lapis timbunan pilihan berbutir kasar atau LFA kelas C atau stabiliasi semen (hanya untuk bagan desain-3A) beban rencana 20 tahun > 5 juta ESA 5 51
Tabel 5.11 Bagan Desain Perkerasan Lentur dengan HRS 52
Tabel 5.12 Bagan Desain Perkerasan dengan *improve subgrade* stabilisasi semen 52
Tabel 5.13 Bagan Desain Perkerasan dengan stabilisasi tanah semen (*soil cement)* 53
Tabel 5.14 Rekapitulasi Tebal Struktur Perkerasan 54
Tabel 5.15 Rekapitulasi Parameter Tiap Lapis Perkerasan 55

Tabel 5. 16 Data yang Dimasukan pada Menu General 56
Tabel 5.17 Data yang Dimasukkan pada Menu *Layet* 57
Tabel 5.18 Data yang Dimasukkan pada Menu *Moduli* 57
Tabel 5.19 Data yang Dimasukkan pada Menu Load 58
Tabel 5.20 Data yang dimasukkan pada Menu *General Viscoelastic* 59
Tabel 5.21 Data yang Dimasukkan pada Menu *Time* 60
Tabel 5.22 Rekapitulasi *Creep Compliance Lapisan AC-WC* 61
Tabel 5.23 Rekapitulasi *Creep Compliance Lapisan AC-BC* 62
Tabel 5.24 Rekapitulasi *Creep Compliance Lapisan HRS-WC* 62
Tabel 5.25 Rekapitulasi *Creep Compliance Lapisan HRS-Base* 63
Tabel 5.26 Rekapitulasi Nilai *Vertical* dan *Horizontal Strain* Eksisting 64
Tabel 5.27 Rekapitulasi Nilai *Vertical* dan *Horizontal Strain* Alternatif 1 64
Tabel 5.28 Rekapitulasi Nilai *Vertical* dan *Horizontal Strain* Alternatif 2 64
Tabel 5.29 Rekapitulasi Nilai *Vertical* dan *Horizontal Strain* Alternatif 3 65
Tabel 5.30 Rekapitulasi Nilai *Vertical* dan *Horizontal Strain* Alternatif 4 65
Tabel 5.31 Hasil Analisis Repitisi Beban Eksisting dan Bina Marga 2024 *CESA5* 66
Tabel 5. 32 Hasil Analisis Repitisi Beban Bina Marga 2024 *CESA4* 67
Tabel 5.33 Rekapitulasi Nilai *Vertical* dan *Horizontal Strain* Alternatif 1(A) 71
Tabel 5.34 Rekapitulasi Nilai *Vertical* dan *Horizontal Strain* Alternatif 2(A) 71
Tabel 5.35 Rekapitulasi Nilai *Vertical* dan *Horizontal Strain* Alternatif 3(A) 71
Tabel 5.36 Hasil Analisis Repitisi Beban Desain Optimum *CESA5* 72
Tabel 5.37 Hasil Analisis Repitisi Beban Desain Optimum *CESA4* 72
Tabel 5.38 Rekapitulasi Nilai Umur Layan 76
Tabel 5. 39 Rekapitulasi Tebal Desain Lapis Perkerasan 79
Tabel 5.40 Rekapitulasi Nilai Tegangan dan Regangan Maksimum pada Tiap Kondisi 86
Tabel 5.41 Rekapitulasi Umur Layan Struktur Perkerasan 87

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Lalu Lintas Harian Rerata Ruas Jalan Gondanglegi Balekambang STA 8+000 – STA 16+000 95

Lampiran 2 Data Lalu Lintas Harian Rerata Ruas Jalan Kepanjen-Malang 95

Lampiran 3 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Eksisting dengan Pendekatan Viskoelastik 96

Lampiran 4 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 1 LFA dengan Pendekatan Viskoelastik 107

Lampiran 5 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2 HRS dengan Pendekatan Viskoelastik 115

Lampiran 6 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 3 *Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik 125

Lampiran 7 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 4 *Improve Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik 133

Lampiran 8 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 1(A) LFA dengan Pendekatan Viskoelastik 141

Lampiran 9 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2(A) HRS dengan Pendekatan Viskoelastik 149

Lampiran 10 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 3(A) *Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik 157

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

AC Base	: *Asphlat Concrete Base*
AC-BC	: *Asphalt Concrete – Binder Course*
AC-WC	: *Asphalt Concrete – Wearing Course*
CBR	: *California Bearing Ratio*
CESA	: *Cumulative Equivalent Standart Axle*
CESAL	: *Cumulative Equivalent Standart Axle Load*
DD	: Faktor distribusi arah
DL	: Faktor distribusi lajur
ESAL	: *Equivalent Standart Axle Load*
HRS	: *Hot Rolled Sheet*
JLS	: Jalur Lintas Selatan
LFA	: Lapis Fondasi Agregat
LHR	: Lintas Harian Rata-rata
LHRT	: Lalu lintas harian rerata tahunan
MDPJ	: Manual Desain Perkerasan Jalan
BPJN	: Balai Pelaksana Jalan Nasional
UR	: Umur Rencana
VDF	: *Vehicle Damage Factor*
E	: Modulus elastis pada bagian lapis permukaan
I	: Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan
Nd	: Nilai repetisi beban sampai terjadi kerusakan deformasi
Nr	: Nilai repetisi beban sampai terjadi kerusakan *rutting*
Nf	: Nilai repetisi beban sampai terjadi kerusakan *fatigue*
ε	: regangan
t	: tegangan geser
R	: Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

ABSTRAK

Ruas Jalan Gondanglegi–Balekambang yang berlokasi di Kabupaten Malang, merupakan jalur penghubung dari Jalan Nasional Rute 3 ke arah Jalur Lintas Selatan (JLS). Jalan ini mengalami peningkatan volume lalu lintas tiap tahunnya sehingga mempercepat kerusakan perkerasan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja struktur perkerasan lentur dan menentukan desain yang mampu memenuhi umur rencana berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024.

Evaluasi dilakukan menggunakan metode MDPJ 2024 dan program KENPAVE dengan pendekatan viskoelastik. Analisis didasarkan pada data LHR, karakteristik material, dan kondisi perkerasan eksisting untuk mengevaluasi respons struktur serta memprediksi kinerja perkerasan terhadap beban lalu lintas.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur perkerasan eksisting dengan susunan *AC-WC* 4 cm, *AC-BC* 8 cm, LFA Kelas A 30 cm, dan LFA Kelas C 20 cm belum mampu memenuhi umur rencana karena kapasitasnya dalam menahan beban lalu lintas berulang masih terbatas. Dari beberapa alternatif yang dianalisis, Alternatif 1(A) dan Alternatif 2(A) dapat direkomendasikan sebagai desain yang paling optimal karena mampu memberikan keseimbangan yang baik terhadap berbagai mekanisme kerusakan, meliputi *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation*, tanpa menunjukkan indikasi *overdesign*. Struktur ini tidak hanya memiliki kapasitas yang memadai dalam menahan beban lalu lintas selama umur rencana, tetapi juga tetap efisien dalam penggunaan material. Hasil tersebut menunjukkan bahwa modifikasi desain diperlukan untuk meningkatkan kinerja struktur eksisting secara optimal.

Kata kunci: Bina Marga 2024, *KENPAVE*, prediksi kerusakan, umur layan, viskoelastik

ABSTRACT

The Gondanglegi–Balekambang Road, located in Malang Regency, is a strategic route connecting National Road Route 3 to the Southern Cross Road (Jalur Lintas Selatan/JLS). The road has experienced increasing traffic volumes each year, accelerating pavement deterioration. This study aims to evaluate the performance of the flexible pavement structure and determine a pavement design capable of meeting the design life requirements based on the 2024 Manual of Pavement Design (MDPJ 2024).

The evaluation was conducted using the MDPJ 2024 method and the KENPAVE program with a viscoelastic approach. The analysis was based on Average Daily Traffic (ADT) data, material characteristics, and existing pavement conditions to evaluate structural responses and predict pavement performance under repeated traffic loading.

The results show that the existing pavement structure, consisting of 4 cm AC-WC, 8 cm AC-BC, 30 cm Class A LFA, and 20 cm Class C LFA, is unable to meet the required design life due to its limited capacity to withstand repeated traffic loading. Among the alternatives analyzed, Alternative 1(A) and Alternative 2(A) are recommended as the most optimal designs because they provide a good balance against various pavement distress mechanisms, including fatigue cracking, rutting, and permanent deformation, without indicating overdesign. Both structures have sufficient capacity to withstand traffic loading throughout the design life while maintaining efficient material utilization. These findings indicate that design modification is necessary to improve the structural performance of the existing pavement and achieve the required design life effectively.

Keywords: Bina Marga 2024, KENPAVE, prediction of damage, service of life, viscoelastic

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kerusakan pada pekerasan jalan merupakan salah satu masalah utama dalam pengelolaan infrastruktur transportasi. Kondisi jalan yang buruk tidak hanya mengurangi kenyamanan dan keselamatan pengguna, tetapi juga menghambat distribusi barang dan jasa. Pada Pasal no 2 Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan menjelaskan bahwa penyelenggaraan jalan berdasarkan atas keselamatan, keamanan dan kemanfaatannya sehingga tercipta kondisi jalan yang baik. Ketersediaan infrastruktur jalan dengan kondisi prima merupakan prasyarat utama untuk memfasilitasi efisiensi sektor transportasi, karena secara langsung mampu meningkatkan aspek keselamatan dan kenyamanan pengguna. Kondisi optimal ini sangat vital dalam mempercepat mobilisasi serta distribusi berbagai kebutuhan, baik berupa barang maupun jasa. Oleh karena itu, untuk mempertahankan kualitas fungsional jalan agar tetap optimal dalam jangka panjang, setiap pekerjaan pembangunan dan pemeliharaan wajib didukung oleh struktur konstruksi yang kuat dan berdaya tahan tinggi.

Di wilayah Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur, Ruas Jalan Gondanglegi - Balekambang merupakan jalur strategis yang menghubungkan jaringan jalan nasional Rute 3 dengan Jalur Lintas Selatan (JLS). Jalan ini memiliki fungsi vital dalam mendukung aktivitas ekonomi, pariwisata, serta aksesibilitas antar wilayah, akan tetapi peningkatan lalu lintas akibat perumbuhan kawasan industri dan pariwisata telah mempercepat laju kerusakan pada perkerasan. Jalan Gondanglegi – Balekambang (STA 8+000 – 16+000) yang saat ini melayani lalu lintas harian rerata hingga mencapai 13.217 kendaraan/hari (BPJN 2022). Ruas jalan Gondanglegi – Balekambang juga merupakan jalan yang sedang mengalami rekonstruksi yang dimulai pada tahun 2024, yang diperkirakan selesai pada tahun 2026. Rekonstruksi yang dilakukan pada Ruas Jalan Gondanglegi – Balekambang merupakan pelebaran jalan yang lebar awalnya adalah 6 meter menjadi 11 meter.

Struktur perkerasan ruas jalan ini merupakan perkerasan lentur dengan Timbunan Pilihan 20 cm, Lapis Fondasi Atas 30 cm, *AC-BC* 8 cm, dan *AC-WC* 4 cm, hasil struktur perkerasan tersebut di hitung menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 (MDPJ 2017). Tetapi pada tahun 2024, Direktorat Jendral Bina Marga melalui Manual Desain Perekerasan Jalan (MDPJ 2024) telah mengeluarkan pedoman terbaru sebagai acuan dalam perencanaan struktur perekerasan Indonesia. Dalam konteks pelebaran jalan, penerapan MDPJ 2024 menjadi penting untuk memastikan bahwa lajur tambahan memiliki ketahanan struktural dengan jalur eksisting.

Perencanaan desain perkerasan merupakan langkah esensial dalam upaya perbaikan dan peningkatan kinerja ruas jalan demi menjamin kualitas fungsional perkerasan. Penelitian ini secara khusus berfokus pada prediksi kerusakan dan umur layan yang berada pada Ruas Jalan Gondanglegi - Balekambang. Dalam proses penelitian tersebut, perhitungan tebal perkerasan dilakukan dengan mengacu pada metode Bina Marga 2024 dan program *KENPAVE* digunakan untuk menganalisis dan mengetahui respons struktural lapisan-lapisan perkerasan jalan tersebut terhadap beban. Metode ini juga digunakan oleh (Panjogo dan Hadi, 2024) pada Ruas Jalan Klangon - Tempel, Yogyakarta dan (Tolab dan Fauziah, 2024) pada Ruas Tol Joga – Bawen.

KENPAVE merupaka sebuah *software* desain struktur perkerasan jalan yang dibentuk oleh Dr. Yang H Huang, P.E. Profesor *Emeritus of Civil Engineering University of Kentucky.* Program ini telah di terapkan oleh (Lia dan Mahardi, 2022) pada penelitian tentang evaluasi kinerja struktur perkerasan lentur Jalan Lintas Selatan Lot 6 Tulungagung. Penggunaan program *KENPAVE* tergolong *user friendly* sehingga dapat mempermudah dan membandingkan analisis membandingkan analisis dari kedua metode yang akan digunakan dalam mendesain tebal perkerasan yaitu menggunakan Bina Marga 2024 dan Program *KENPAVE*. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan pendekatan viskoelastik dalam analisis respon tegangan dan regangan yang dimana pada pendekatan viskoelastik, lapisan dibedakan menjadi 2 bagian yaitu bagian struktur aspal dan struktur agregat (tanah dasar).

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini memiliki rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja eksisting dan alternatif desain tebal lapis pekerasan pada ruas Jalan Gondanglegi- Balekambang jika diperhitungkan menggunakan metode Bina Marga 2024?
2. Berapa nilai tegangan, regangan, prediksi kerusakan, dan umur layan yang terjadi pada tebal lapis perkerasan eksisting dan tebal lapis perkerasan alternatif desain akibat beban lalu lintas menggunakan program *KENPAVE-KENLAYER*?
3. Bagaimana hasil dari perbandingan desain perkerasan eksisting dengan desain perkerasan alternatif dan mengusulkan desain alternatif yang optimal berdasarkan prediksi kerusakan dan umur layan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Menganalisis kinerja struktur dan mengusulkan beberapa alternatif desain tebal lapis perkerasan ruas Jalan Gondanglegi-Balekambang menggunakan metode Bina Marga 2024.
2. Menghitung nilai tegangan, regangan, prediksi kerusakan, dan umur layan yang terjadi pada tebal lapis perkerasan eksisting dan tebal lapis perkerasan alternatif desain.
3. Membandingkan desain perkerasan eksisting dengan desain perkerasan alternatif dan mengusulkan desain alternatif yang optimal berdasarkan prediksi kerusakan dan umur layan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi refrensi bagi pembaca dalam melakukan perencanaan pemiliharaan jalan.

2. Meningkatkan pengetahuan yang berhubungan dengan metode analisis perkerasan menggunakan Bina Marga 2024.
3. Memberikan informasi tentang penggunaan *software KENPAVE* dalam menganalisis tegangan dan regangan pada perkerasan jalan.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan dari penelitian ini sebagai acuan untuk memperjelas dan mempermudah dalam melakukan analisis yang telah dirumuskan sebagai berikut.

1. Lokasi penelitian yang diteliti adalah ruas Jalan Gondanglegi – Balekambang, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. (STA 8+000 - 16+000)
2. Perhitungan dalam mencari respon tegangan dan regangan perkerasan lentur untuk analisis kerusakan dan kinerja perkerasan menggunakan metode mekanistik-empiris program *KENPAVE* dengan pendekatan Viskoelastik.
3. Evaluasi penentuan umur rencana pelayanan jalan dalam menahan setiap kerusakan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024.
4. Perhitungan dalam desain tebal perkerasan alternatif menggunakan metode Bina Marga 2024.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kinerja Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2024

Hadi (2024) telah melakukan penelitian dampak perubahan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) dari edisi tahun 2017 ke edisi 2024. Analisis dilakukan dengan menggunakan program KENPAVE untuk membandingkan kinerja perkerasan dari kedua metode desain berdasarkan tingkat kerentanan terhadap rutting (Nr), fatigue cracking (Nf), dan deformasi permanen (Nd). Nilai kegagalan pertama yang diprediksi digunakan sebagai acuan utama dalam penelitian ini. Hasil analisis komparatif menunjukkan bahwa desain perkerasan berdasarkan MDPJ 2024 memiliki nilai kerentanan yang lebih rendah dibandingkan dengan desain berdasarkan MDPJ 2017, dengan selisih persentase sebesar 5,5%. Temuan ini mengonfirmasi bahwa pembaruan pedoman desain 2024 memberikan peningkatan kinerja struktural perkerasan, serta mendukung implementasi MDPJ 2024 yang lebih efektif dan berkelanjutan di Indonesia.

Hargiansyah dkk. (2025) dalam melakukan penelitian pada Ruas Jalan Serah – Tebuwung menggunakan metode MDPJ 2024. Hasil yang didapatkan menggunakan metode MDPJ 2024 adalah perkerasan lentur beraspal dengan lapis pondasi agregat tanpa penggunaan lapis pondasi Cement Treated Base (CTB), merujuk pada Bagan 3A dengan beban lalu lintas kumulatif (CESA5) sebesar 1,67 $\times 10^6$ ESA. Pilihan ini didasarkan pada beban rencana yang masih di bawah ambang batas penggunaan CTB serta keterbatasan sumber daya pelaksana lokal. Dengan demikian, desain ini tidak hanya sesuai secara teknis, tetapi juga realistis untuk diterapkan dalam konteks kondisi daerah. Ketebalan total perkerasan yang direncanakan adalah 41 cm, terdiri dari lapisan AC-WC setebal 6 cm dengan jenis aspal Pen 60-70, LFA Kelas A setebal 20 cm, dan LFA Kelas B) setebal 15 cm. Struktur ini dirancang untuk meningkatkan kekuatan dan umur layanan jalan, sekaligus mengurangi risiko kerusakan dini yang dapat menghambat mobilitas masyarakat dan distribusi hasil pertanian. Penerapan metode MDPJ 2024 dalam

perencanaan ketebalan perkerasan Jalan Serah - Tebuwung menunjukkan bahwa penggunaan standar terbaru tidak hanya meningkatkan keandalan teknis struktur perkerasan, tetapi juga mendukung efisiensi proyek dan keberlanjutan infrastruktur. Dengan desain yang disesuaikan berdasarkan data aktual lalu lintas dan kondisi tanah dasar, hasil perencanaan lebih relevan terhadap kebutuhan lapangan. Hal ini berpotensi meningkatkan konektivitas antar wilayah, memperlancar distribusi hasil pertanian, serta mengurangi risiko kecelakaan akibat kerusakan jalan.

Penelitian Zuasri dan Fauziah (2024) Komparsi Alternatif Desain Perkerasan Lentur Metode MDP 2017 dan 2024 pada Ruas Jalan Peumeulak Aceh Timur menunjukan hasil bahwa Pada metode Bina Marga 2017 memberikan alternatif untuk desain tebal perkerasan seperti Desain perekerasan lentur opsi minimum dengan CTB (cement treated base), Desain perkerasan lentur dengan lapis fondasi berbutir, dan juga HRS yang mana dapat disimpulkan Bina Marga 2017 lebih fokus pada biaya. Pada metode Bina Marga 2024 memberikan 2 alternatif dan turunannya untuk desain tebal perkerasan yaitu Desain perkerasan lentur dengan lapis pondasi butir dan Desain perkerasan lentur dengan CTB(cement treated base), 150mm, 200mm, 250mm, dan 300mm, ada beberapa perbedaan yang terlihat seperti faktor ekivalen beban atau VDF (vehicle demage faktor) yang mana pada metode bina marga 2017 memperhitungkan nilai VDF berdasarkan pulau namun sekarang ruang lingkupnya di perkecil menjadi provinsi maka oleh karena itu dapat di simpulkan kalau metode Bina Marga 2024 lebih berfokus pada kualitas

2.2 Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Pendekatan Viskoelastik

Panjogo dan Hadi (2024) melakukan penelitian pada Ruas Jalan Klangon - Tempel, Yogyakarta. Metode yang digunakan adalah pendekatan mekanistik-empiris menggunakan program KENPAVE, dengan pembebanan elastik dan viskoelastik. Sedangkan desain alternatif perkerasan disusun berdasarkan Metode Bina Marga 2017. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkerasan eksisting tidak mampu menahan beban lalu lintas selama umur rencana 10 tahun, sehingga diperlukan desain alternatif. Terdapat dua alternatif ketebalan perkerasan yang

dirancang berdasarkan metode Bina Marga 2017, yaitu perkerasan aspal dengan lapis pondasi bergradasi dan perkerasan dengan Cement Treated Base (CTB). Pada perkerasan eksisting, pemodelan elastik memberikan umur layan lebih lama dibandingkan pemodelan viskoelastik. Jenis kerusakan pertama yang terjadi adalah deformasi permanen, diikuti oleh rutting dan retak kelelahan (fatigue cracking). Sementara itu, perkerasan alternatif terbukti mampu menahan beban lalu lintas selama umur rencana. Analisis terhadap perkerasan alternatif menunjukkan bahwa pemodelan elastik memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan viskoelastik, dengan umur layan yang lebih panjang dalam menahan kerusakan.

Tolab dan Fauziah (2024) melakukan penelitian pada Ruas Jalan Tol Yogyakarta – Bawen. Penelitian ini menggunakan pendekatan mekanistik-empiris dengan pemodelan elastis dan viskoelastis berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) Bina Marga 2017, serta perhitungan dilakukan melalui program KENPAVE. Hasil analisis menunjukkan bahwa alternatif struktur perkerasan yang direkomendasikan terdiri atas lapisan AC-WC setebal 40 mm, AC-BC setebal 60 mm, Base AC setebal 180 mm, dan Lapisan Pondasi Atas (LPA) setebal 300 mm. Melalui pendekatan elastis, perkerasan tersebut mampu menahan 432,9 juta ESAL hingga terjadi retak lelah (*fatigue cracking*), 215,2 juta ESAL hingga terjadi alur roda (*rutting*), dan 136,6 juta ESAL hingga terjadi deformasi permanen. Sebaliknya, melalui pendekatan viskoelastis, perkerasan hanya mampu menahan 153,3 juta ESAL hingga retak lelah, 47 juta ESAL hingga alur roda, dan 71,9 juta ESAL hingga deformasi permanen. Dari hasil tersebut, umur layanan perkerasan dengan pendekatan elastis diperkirakan mencapai 33 tahun, dengan kerusakan awal berupa deformasi permanen, sedangkan pendekatan viskoelastis memiliki umur layanan sekitar 22,7 tahun, dengan kerusakan awal berupa rutting.

Hadi dan Fauziah (2022) melakukan penelitian Komparansi prediksi umur pelayanan antara campuran *Superpave* dan AC-WC menggunakan permodelan viskoelastik dan elastik. Dalam penelitian ini, campuran AC-WC digunakan sebagai pembanding. Analisis dilakukan dengan menghitung nilai modulus kekakuan dari kedua jenis perkerasan, menentukan rencana desain alternatif perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2017, dan melanjutkan proses

analisis mekanistik-empiris menggunakan dua bentuk pemodelan, yaitu viskoelastis dan elastis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran Superpave memiliki nilai prediksi umur layanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran AC-WC, baik pada model viskoelastis maupun elastis. Rekomendasi penggunaan desain alternatif mengacu pada diagram desain 3-B metode Bina Marga 2017 dengan kriteria FFF7, yang bertujuan untuk memaksimalkan kinerja campuran Superpave di lapangan. Hasil analisis mekanistik-empiris terhadap desain alternatif menunjukkan bahwa umur layanan prediksi melebihi batas umur rencana 20 tahun, yaitu 30,7 tahun pada model viskoelastis dan 40,9 tahun pada model elastis, sebelum terjadi kerusakan awal.

Kajian sejenis juga telah banyak dilakukan oleh peneliti lain sebelumnya diantaranya oleh Putra dan Tajudin (2021) dengan melakukan perbandingan nilai Nf, Nr, dan Nd menggunakan beberapa Bina Marga. Satria (2020) melakukan analisis perbandingan desain mekanistik empiris dengan pemodelan elastik dan viskoelastik dengan tujuan untuk meprediksi umur masa pelayanan perkerasan lentur eksisting. Suwanda, M,A, (2020) melakukan penelitian analisis perbandingan desain perkerasan lentur menggunakan metode mekanistik empiris dengan pemodelan Viskoelastik dan Elastik pada ruas jalan Tempel-Pakem Yogyakarta.

2.3 Perbandingan Substansi Penelitian

Dari ringkasan penelitian-penelitian terdahulu dapat dibuat rangkuman perbandingan dengan penelitian yang akan dilakukan penulis untuk menunjukan perbedaan baik dari objek ataupun metode yang akan digunakan. Perbandingan penelitian penulis dengan penelitian relevan terdahulu yang pernah dilakukan dilampirkan pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Tentang Penelitan dengan Topik Desain Perkerasan

Aspek	(1) Hadi dan Fauziah (2022)	(2) Hadi (2024)	(3) Panjogo dan Hadi (2024)	Firmansyah (2026)
Judul Penelitian	Studi Komparansi Prediksi Umur Pelayanan antara Campuran Superpave dan AC-WC Menggunakan Permodelan Viskoelastik dan Elastik	Eksplorasi Dampak Perubahan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2017 ke 2024 Menggunakan Program Kenpave	Evaluasi Kerusakan Jalan dan Kinerja Jalan Menggunakan Program Kenpave Dengan Permodelan Elastik dan Viskoelastik Pada Ruas Jalan Klangon – Tempel, Yogykarta	Prediksi Kerusakan dan Umur Layan Perkerasan Lentur Pada Ruas Jalan Gondanglegi – Balekambang Menggunakan Pendekatan Viskoelastis
Lokasi Penelitian	-	Ruas Jalan Prambanan - Piyungan	Ruas Jalan Klangon Yogyakarta	Ruas Jalan Gondanglegi-Balekambang
Tujuan Penelitian	Mengkomparansi *Superpave* dan *AC-WC* sehingga diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif inovasi dalam perkembangan perkerasan *Superpave* di Indonesia	Mengeksplorasi perbedaan penggunaan antara kedua menggunakan sehingga dapat metode program tersebut KENPAVE menggambarkan performa dan tingkat ke efektifan dari perubahan pedoman MDPJ.	Mengetahui kondisi perkerasan jalan dan memberikan alternatif desain perkerasan yang mampu menahan beban lalu lintas dengan baik.	Mengevaluasi kinerja struktur perkerasan lentur dan menentukan desain yang mampu memenuhi umur rencana berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024
Metode Penelitian	Metode Bina Marga 2017, Metode Mekanistik-Empiris dengan pemodelan Viskoelastik dan Elastik dan Program *Kenpave*	Metode Bina Marga 2017, Bina Marga 2024, dan Program *Kenpave*	Metode Bina Marga 2017, Metode Mekanistik-Empiris dengan pemodelan Viskoelastik dan Elastik dan Program *Kenpave*	Metode Bina Marga 2024, Metode Mekanistik-Empiris dengan pemodelan Viskoelastik dan Program *Kenpave*
Hasil	Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran Superpave memiliki nilai prediksi umur layanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran AC-WC, baik Hasil analisis mekanistik-empiris terhadap desain alternatif menunjukkan bahwa umur layanan prediksi melebihi batas umur rencana 20 tahun, yaitu 30,7 tahun pada model viskoelastis dan 40,9 tahun pada model elastis, sebelum terjadi kerusakan awal.	Hasil analisis komparatif menunjukkan bahwa desain perkerasan berdasarkan MDPJ 2024 memiliki nilai kerentanan yang lebih rendah dibandingkan dengan desain berdasarkan MDPJ 2017, dengan selisih persentase sebesar 5,5%. Temuan ini mengonfirmasi bahwa pembaruan pedoman desain 2024 memberikan peningkatan kinerja struktural perkerasan, serta mendukung implementasi MDPJ 2024 yang lebih efektif dan berkelanjutan di Indonesia.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkerasan eksisting tidak mampu menahan beban lalu lintas selama umur rencana 10 tahun, sehingga diperlukan desain alternatif. Terdapat dua alternatif ketebalan perkerasan yang dirancang berdasarkan metode Bina Marga 2017, yaitu perkerasan aspal dengan lapis pondasi bergradasi dan perkerasan dengan Cement Treated Base (CTB). Pada perkerasan eksisting, pemodelan elastik memberikan umur layan lebih lama dibandingkan pemodelan viskoelastik. Jenis kerusakan pertama yang terjadi adalah deformasi permanen, diikuti oleh rutting dan retak kelelahan (fatigue	Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur perkerasan eksisting belum mampu memenuhi umur rencana karena kapasitasnya dalam menahan beban lalu lintas berulang masih terbatas. Dari beberapa alternatif yang dianalisis, Alternatif 1(A) dan Alternatif 2(A) dapat direkomendasikan sebagai desain yang paling optimal karena mampu memberikan keseimbangan yang baik terhadap berbagai mekanisme kerusakan, meliputi *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation*, tanpa menunjukkan indikasi *overdesign*. Struktur ini tidak hanya memiliki kapasitas yang memadai dalam menahan beban lalu lintas selama umur rencana, tetapi juga tetap efisien dalam penggunaan

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Tentang Penelitan dengan Topik Desain Perkerasan

Aspek	(1) Hadi dan Fauziah (2022)	(2) Hadi (2024)	(3) Panjogo dan Hadi (2024)	Firmansyah (2026)
Hasil			cracking). Sementara itu, perkerasan alternatif terbukti mampu menahan beban lalu lintas selama umur rencana. Analisis terhadap perkerasan alternatif menunjukkan bahwa pemodelan elastik memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan viskoelastik, dengan umur layan yang lebih panjang dalam menahan kerusakan.	material. Hasil tersebut menunjukkan bahwa modifikasi desain diperlukan untuk meningkatkan kinerja struktur eksisting secara optimal

Sumber: Hadi dan Fauziah (2022), Hadi (2024), Panjogo dan Hadi (2024), Firmansyah (2026)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Tentang Penelitan dengan Topik Desain Perkerasan

Aspek	(4) Tolab dan Fauziah (2024)	(5) Zuasri dan Fauziah (2024)	(6) Hargiansyah dkk. (2025)	Firmansyah (2026)
Judul Penelitian	*Prediction Of Damage and Remaining Life of Yogyakarta-Bawen Toll Road Pavement with Elastic and Viscoelastic Approaches*	Komparsi Alternatif Desain Perkerasan Lentur Metode MDP 2017 dan 2024 pada Ruas Jalan Peumeulak Aceh Timur	Analisis Metode MDPJ 2024 Dalam Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pada Ruas Jalan Serah-Tebuwung	Prediksi Kerusakan dan Umur Rencana Perkerasan Lentur Pada Ruas Jalan Gondanglegi – Balekambang Menggunakan Pendekatan Viskoelastis
Lokasi Penelitian	Ruas Jalan Tol Yogyakarta - Bawen	Ruas Jalan Peumeulak Aceh Timur	Ruas Jalan Serah - Tebuwung	Ruas Jalan Gondanglegi-Balekambang
Tujuan Penelitian	Menemukan desain perkerasan terbaik dengan menggunakan pendekatan elastis dan viskoelastis. Diharapkan hasil penelitian ini dapat digunakan oleh pengambil keputusan sebagai dasar pertimbangan dalam memilih desain perkerasan yang optimal, sekaligus memberikan gambaran mengenai konsekuensi kinerja perkerasan selama masa layanannya.	Mengetahui perbedaan desain dari perkerasan lentur di jalan raya prambanan yang menggunakan metode Bina marga 2017 dan metode Bina marga 2024 serta Mengetahui hasil desain struktur dari perkerasan lentur yang didesain menggunakan metode Bina Marga 2017 dan metode Bina Marga 2024 dari nilai ESAL pada kerusakan fatigue cracking, rutting, dan permanent deformation.	Menganalisis kebutuhan ketebalan perkerasan lentur dengan pendekatan metode MDPJ 2024 (Manual Desain Perkerasan Jalan). Jalan ini memiliki peran strategis sebagai penghubung antardesa dan mendukung aktivitas sosial-ekonomi, terutama sektor pertanian.	Mengevaluasi kinerja struktur perkerasan lentur dan menentukan desain yang mampu memenuhi umur rencana berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024
Metode Penelitian	Menggunakan pendekatan mekanistik-empiris dengan pemodelan elastis dan viskoelastis berdasarkan Bina Marga 2017, dan Program *Kenpave*	Metode Bina Marga 2017, Bina Marga 2024, dan Program *Kenpave*	Metode Bina Marga 2024	Metode Bina Marga 2024, Metode Mekanistik-Empiris dengan pemodelan Viskoelastik dan Program *Kenpave*
Hasil	Hasil analisis menunjukkan bahwa alternatif struktur perkerasan yang direkomendasikan terdiri atas lapisan AC-WC setebal 40 mm, AC-BC setebal 60 mm, Base AC setebal 180 mm, dan Lapisan Pondasi Atas (LPA) setebal 300 mm. Melalui pendekatan elastis, perkerasan tersebut mampu menahan 432,9 juta ESAL hingga terjadi retak lelah (fatigue cracking), 215,2 juta ESAL hingga terjadi alur roda (rutting), dan 136,6 juta ESAL hingga terjadi deformasi permanen. Sebaliknya, melalui pendekatan viskoelastis, perkerasan hanya mampu menahan 153,3 juta ESAL hingga retak lelah, 47 juta ESAL hingga alur roda, dan 71,9 juta ESAL hingga deformasi permanen. Dari hasil tersebut,	Berdasarkan hasil penelitian diatas, untuk kerusakan pertama yang terjadi pada desain perkerasan lentur Bina Marga 2017 adalah permanent deformation dan kerusakan terkahir pada fatigue cracking. Berbeda dengan Kerusakan pertama yang terjadi pada desain perkerasan lentur Bina Marga 2024 adalah rutting. Hal ini karena pada desain perkerasan lentur Bina Marga 2017 tebal lapisan aspal lebih tebal dari pada tebal lapisan pondasi agregatnya, sehingga kerusakan yang	Hasil yang didapatkan menggunakan metode MDPJ 2024 adalah Penerapan metode MDPJ 2024 dalam perencanaan ketebalan perkerasan Jalan Serah - Tebuwung menunjukkan bahwa penggunaan standar terbaru tidak hanya meningkatkan keandalan teknis struktur perkerasan, tetapi juga mendukung efisiensi proyek dan keberlanjutan infrastruktur. Dengan desain yang disesuaikan berdasarkan data aktual lalu lintas dan kondisi tanah dasar, hasil perencanaan lebih relevan terhadap kebutuhan lapangan. Hal ini	Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur perkerasan eksisting belum mampu memenuhi umur rencana karena kapasitasnya dalam menahan beban lalu lintas berulang masih terbatas. Dari beberapa alternatif yang dianalisis, Alternatif 1(A) dan Alternatif 2(A) dapat direkomendasikan sebagai desain yang paling optimal karena mampu memberikan keseimbangan yang baik terhadap berbagai mekanisme kerusakan, meliputi *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation*, tanpa menunjukkan indikasi *overdesign*. Struktur ini

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Tentang Penelitan dengan Topik Desain Perkerasan

Aspek	(4) Tolab dan Fauziah (2024)	(5) Zuasri dan Fauziah (2024)	(6) Hargiansyah dkk. (2025)	Firmansyah (2026)
Hasil	umur layanan perkerasan dengan pendekatan elastis diperkirakan mencapai 33 tahun, dengan kerusakan awal berupa deformasi permanen, sedangkan pendekatan viskoelastis memiliki umur layanan sekitar 22,7 tahun, dengan kerusakan awal berupa rutting.	terjadi ada pada titik bawah pondasi agregat.	berpotensi meningkatkan konektivitas antarwilayah, memperlancar distribusi hasil pertanian, serta mengurangi risiko.	tidak hanya memiliki kapasitas yang memadai dalam menahan beban lalu lintas selama umur rencana, tetapi juga tetap efisien dalam penggunaan material. Hasil tersebut menunjukkan bahwa modifikasi desain diperlukan untuk meningkatkan kinerja struktur eksisting secara optimal

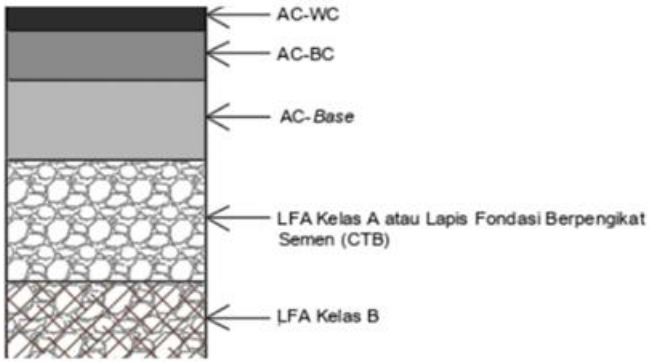
Sumber: Tolab dan Fauziah (2024), Zuasri dan Fauziah (2024), Hargiansyah dkk. (2025), Firmansyah (2026)

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Lentur

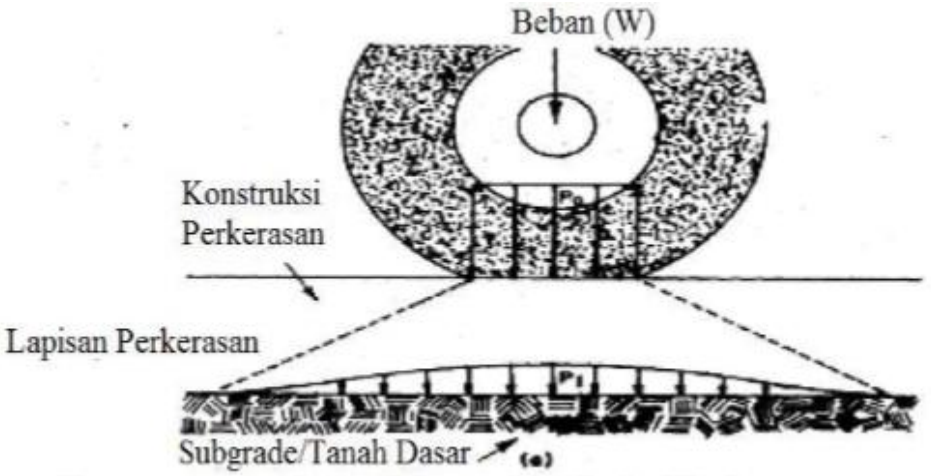
Perkerasan lentur (*flexible pavement*) merupakan jenis konstruksi perkerasan yang tersusun atas material pengikat berupa aspal cair atau aspal beton, serta campuran agregat bergradasi. Kelenturan perkerasan ini berasal dari kombinasi aspal dan agregat bergradasi yang berfungsi menyalurkan beban lalu lintas ke lapisan di bawahnya.

Sukirman (1999) menyebutkan bahwa konstruksi perkerasan memiliki lapisan yang berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas ke lapisan-lapisan di bawahnya. Lapisan ini diletakkan di atas tanah yang telah dipadatkan. Menurut Satria (2022) yang dimaksud lentur adalah perkerasan yang terbuat dari berbagai fraksi batuan membentuk gradasi batuan yang sesuai dengan persyaratan dan diikat oleh bahan pengikat aspal. Perkerasan lentur biasanya ditujukan pada konstruksi jalan yang memiliki lendutan yang relatif besar akibat beban lalu lintas yang ditahan. Hal ini karena perkerasan lentur umumnya mempunyai kelenturan yang tinggi dibandingkan dengan lapis perkerasan kaku. Berikut merupakan lapisan-lapisan dan penyebaran beban roda pada perkerasan lentur yang dapat dilihat di Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Lapisan Perkerasan Lentur

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2024)



Gambar 3. 2 Ilustrasi Distribusi Beban Pada Lapis Perkerasan

(Sumber: Sukirman, 1999)

3.1.1 Lapisan Permukaan (*Surface Course)*

Lapis permukaan umumnya dibuat menggunakan aspal, lapis permukaan merupakan lapisan yang berfungsi sebagai lapisan yang menerima gesekan akibat rem dari kendaraan sehingga mudah menjadi aus. Lapisan ini terletak pada bagian paling atas yang berfungsi sebagai berikut.

1. Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda.
2. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan kerusakan akibat cuaca.
3. Sebagai lapisan aus (*wearing course*). Lapisan aus akan dikenai lansung dengan ban kendaraan sehingga diharuskan untuk tahan cuaca, gaya geser, tekanan roda kendaraan, dan kedap air untuk lapisan dibawahnya. Bahan untuk lapis permukaan umumnya sama dengan bahan untuk lapisan pondasi, namun diperlukan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air dan memberikan bantuan tegangan regangan sehingga meningkatkan daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas.

Beberapa jenis lapis permukaan adalah sebagai berikut.

1. Lapis Aspal Beton (Laston)

Laston terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal keras yang dicampur, dihampar, dan dipadatkan dalam keadaan panas suhu tertentu.

2. Lapis Penetrasi Makadam (Lapen)

   Lapen terdiri dari agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka yang diikat oleh aspal yang disemprotkan di atasnya. Biasanya diberikan leburan aspal dengan agregat penutup.

3. Lapis Asbuton Campuran Dingin (Lasbutag)

   Lasbutag terdiri dari agregat kasar, agregat halus, asbuton, bahan peremaja yang dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan secara dingin.

4. *Hot Rolled Asphalt* (HRA)

   Hot Rolled Asphalt (HRA) merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, filler, dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

3.1.2 Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas adalah lapisan yang terletak di antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah. Beberapa fungsi lapisan pondasi atas dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Lapis pondasi atas berfungsi sebagai bantalan perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban roda.
2. Lapis pondasi atas juga berfungsi sebagai perletakan lapis permukaan.
3. Pemilihan bahan untuk lapisan pondasi harus kuat dan tahan lama agar mampu menahan beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai pondasi, perlu dilakukan penyelidikan dan pertimbangan yang cermat terkait dengan persyaratan teknis. Terdapat berbagai macam bahan alami (CBR $\geq$ 50% dan PI $\leq$ 4%) yang dapat digunakan sebagai bahan lapisan pondasi, seperti batu pecah, kerikil pecah, dan stabilisasi tanah dengan semen atau kapur.

3.1.3 Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapis pondasi bawah adalah perkerasan yang terletak di atas lapisan tanah dasar dan di bawah lapisan pondasi atas. Fungsi dari lapisan pondasi bawah dapat dilihat sebagai berikut

1. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
2. Sebagai lapisan peresapan agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
3. Mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.
4. Melindungi lapisan tanah dasar dari beban roda-roda alat berat pada awal pelaksanaan pekerjaan dan pengaruh perubahan cuaca.

3.1.4 Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapis tanah dasar adalah permukaan tanah semula, galian, ataupun timbunan yang dipadatkan dan digunakan untuk meletakkan lapisan-lapisan permukaan di atasnya. Perkerasan lain diletakkan di atas tanah dasar sehingga mutu dan daya tahan seluruh konstruksi perkerasan tidak lepas dari sifat tanah dasar. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Tanah dasar harus dipadatkan hingga mencapai tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai daya dukung yang baik. Pemadatan yang baik akan diperoleh apabila dilakukan pada kondisi kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana. Hal ini dapat dicapai dengan perlengkapan dan sistem drainase yang memenuhi syarat (Sukirman, 1999). Jenis-jenis lapisan tanah dasar ditinjau dari muka tanah dasar adalah sebagai berikut.

1. Lapisan tanah dasar yang berupa tanah galian.

   Tanah galian terletak di bawah muka tanah asli.
2. Lapisan tanah dasar yang berupa tanah urugan

   Tanah urugan terletak di atas muka tanah asli. Urugan dibagi menjadi 2 macam berdasarkan tujuan penggunaannya yaitu:

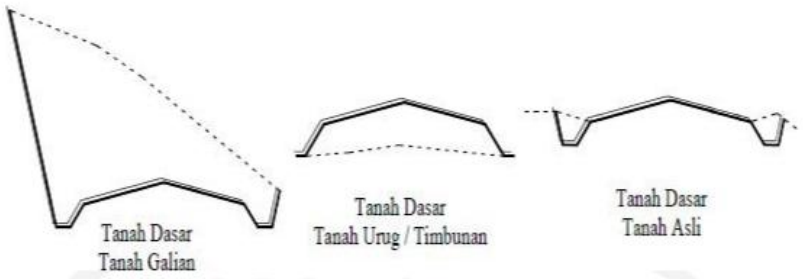
   a. Urugan biasa, yaitu urugan yang digunakan untuk mencapai elevasi akhir pada subgrade yang telah diisyaratkan dalam perhitungan tanpa maksud

khusus lainnya. Selain itu, urugan jenis ini juga digunakan untuk penggantian material eksisting subgrade yang tidak memenuhi syarat.

b. Urugan pilihan, yaitu urugan yang digunakan untuk mencapai elevasi akhir pada subgrade yang telah diisyaratkan dalam perhitungan dengan maksud khusus lainnya seperti mengurangi tebal lapisan pondasi bawah dan memperkecil gaya lateral tekanan tanah di belakang dinding penahan tanah talud jalan.

3. Lapisan tanah dasar yang berupa tanah asli

Lapisan tanah dasar yang berupa tanah asli merupakan muka tanah asli yang terletak pada jalan tersebut. Persiapan penggunaan lapis tanah dasar jenis ini hanya berupa pembersihan dan pemadatan lapisan atas setebal 30-50 cm dari muka tanah. Berikut merupakan jenis lapisan tanah dasar dilampirkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Jenis Tanah Dasar Ditinjau dari Muka Tanah Asli

(Sumber: Sukirman, 2010)

3.2 Desain Tebal Perkerasan Berdasarkan Metode Bina Marga 2024

Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024 memuat ketentuan teknisterkait proses perancangan perkerasan jalan. Dokumen ini diberlakukan olehDirektorat Jenderal Bina Marga sejak tahun 2024 melalui Surat Edaran (SE) Nomor03/M/BM/2024, sekaligus mencabut keberlakuan SE Nomor 04/SE/Db/2017. Metode Bina Marga 2024 hadir sebagai penyempurnaan dari pedoman desainperkerasan 2017 dengan penekanan pada penetapan umur rencana, pemilihanmaterial yang sesuai, pengaruh temperatur, analisis beban sumbu, serta

penyesuaianterhadap faktor iklim. Pedoman ini merupakan hasil revisi dan pengembangan dariketentuan tahun 2017.

Untuk merencanakan tebal perkerasan jalan, diperlukan sejumlah data serta langkah-langkah tertentu agar hasil perencanaan sesuai dengan yang diharapkan. Adapun tahapan yang harus dilaksanakan adalah sebagai berikut.

3.2.1 Umur Rencana

Dalam proses perencanaan tebal lapisan perkerasan, perlu mempertimbangkan umur rencana jalan yang akan dibangun. Umur rencana merupakan periode pelayanan jalan, dihitung sejak jalan dibuka hingga diperlukan perbaikan besar atau penambahan lapis permukaan baru. Pada MDPJ 2024, umur rencana dijadikan acuan untuk menentukan jenis perkerasan serta mempertimbangkan elemen perkerasan yang akan diaplikasikan di lapangan. Penetapan umur rencana ini didasarkan pada perhitungan *Cumulative Equivalent Standard Axle* (CESA). Kategori umur rencana untuk perkerasan baru dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Umur Rencana Pekerasan Jalan Baru (UR)

Jenis Perkerasan	**Elemen Perkerasan**	**Umur Rencana (tahun)**
Perkerasan lentur	Lapis aspal dan lapisan berbutir.	20
	Lapis fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk lokasi yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (*overlay*), seperti: jalan perkotaan, *underpass*, jembatan, dan terowongan.	
	Lapis Fondasi Berpengikat Semen, *Cement Treated Based* (CTB).	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan	
Jalan tanpa pentuup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	10

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2024)

3.2.2 Pemilihan Struktur Perkerasan

Jenis perkerasan dapat dipilih dari berbagai variasi yang disesuaikan denganumur rencana serta kondisi pondasi jalan. Rincian pemilihan jenis perkerasan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA5 (juta) dalam 20 tahun				
		0-1	1-4	4-10	>10-30	>30
Ac modifikasi	3, 3A, 3B	-	-	-	-	2
Ac modifikasi dengan CTB					2	-
Ac dengan lapis fondasi CTB					-	2
Ac dengan lapis fondasi agregat	3, 3A 3B	-	1.2	1.2	2	-
HRS tipis diatas lapis fondasi agregat	4	2	2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan lapis fondasi agregat	5	3	3	-	-	-
AC/HRS dengan lapis fondasi Soil Cement	6	2	2	-	-	-
AC/HRS dengan lapis fondasi agregat dan perbaikan tanah dasar (dengan stabilisasi semen)	7	2	2	-	-	-
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat	8	-	-	-	2	2
Perkerasan kaku denganlalu lintas rendah	8A	-	-	1,2	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat dan jalan kerikil)	9	1	-	-	-	-

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2024)

3.2.3 Faktor Distribusi Lajur

Lajur rencana adalah salah satu bagian lajur lalu lintas pada suatu ruas jalan yang dirancang untuk menampung pergerakan kendaraan niaga. Perhitungan lajurini mempertimbangkan faktor distribusi (DD) serta distribusi laju kendaraan niaga (DL), yang dihitung berdasarkan kumulatif beban gandar standar (ESA). Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Untuk jalan dua arah, umumnya

digunakan nilai 0,50 sebagai faktor distribusi arah (DD). Rincian faktor distribusi dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.3 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur Tiap Arah	Kendaraan Niaga Pada Lajur Desain (% Terhadap Populasi Kendaraan Niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2024)

3.2.4 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Nilai faktor pertumbuhan lalu lintas diperoleh dari data pertumbuhan berseri atau melalui perhitungan menggunakan formula yang disesuaikan dengan faktor pertumbuhan yang berlaku. Apabila data tersebut tidak tersedia, acuan dapat diambil dari Tabel 3.3.

Tabel 3.4 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimatan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2024)

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.1, 3.2 dan 3.3 sebagai berikut.

$$R = \frac{(1+0{,}01\ x\ i)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ i} \qquad (3.1)$$

dengan:

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas,

i = tingkat pertumbuhan tahunan (%), dan

UR = umur rencana (tahun).

$$i = \left(\frac{LHR\ 2024}{LHR\ 2020}\right)^{\left(\frac{1}{2024-2020}\right)} - 1 \quad (3.2)$$

dengan:

i = tingkat pertumbuhan tahunan (%), dan

LHR = lalu lintas harian rerata.

$$\text{i pakai} = \left(\frac{\sum i}{n}\right) x100\% \quad (3.3)$$

dengan:

Σi = jumlah tingkat pertumbuhan tahunan (%), dan

n = jumlah data.

3.2.5 Data Lalu Lintas

Volume lalu lintas diperoleh dari data kendaraan yang melintas pada suaturuas jalan. Oleh karena itu, ketelitian data lalu lintas sangat berpengaruh agar hasilperencanaan desain sesuai dengan yang diharapkan. Data tersebut harus mencakup seluruh hasil survei kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut. Pedoman klasifikasi jenis kendaraan selama pengumpulan data diatur dalam Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas (Pd T19–2004–B).

3.2.6 Beban Lalu Lintas

Setiap ruas jalan menerima volume lalu lintas yang membebani lapisan permukaan secara berulang sepanjang umur rencana. Beban tersebut dihitung sebagai nilai kumulatif dengan mempertimbangkan faktor ekivalen beban. Persamaan perhitungannya dapat dilihat pada Persamaan 3.4.

$$CESAL = \sum LHR_{JK} \times VDF_{JK} \times DD \times DL \times R \times 365 \quad (3.4)$$

dengan

LHR_{JK} = lalu lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan,

VDF_{JK} = faktor ekivalen beban tiap jenis kendaraan,

DD = faktor distribusi arah

DL = faktor distribusi lajur, dan

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

3.2.7 Faktor Ekuivalen beban

Dalam perancangan perkerasan, beban lalu lintas dikonversi menjadi beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor* atau VDF). Hasil perhitungan ESA yang tepat bergantung pada survei yang disusun dan dilaksanakan secara baik. Apabila survei beban gandar tidak dapat dilakukan langsung di lapangan oleh perencana atau data beban gandar dari tahun-tahun sebelumnya tidak ada, maka penentuan nilai VDF dapat menggunakan angka yang terlampir pada pedoman MDPJ 2024. Berikut merupakan Tabel untuk nilai VDF daerah Jawa Timur – Lintas Tengah pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Nilai VDF masing-masing Jenis Kendaraan untuk Jawa Timur – Jalan Lintas Tengah

Kondisi	Kelas Kendaraan	Gol 5B	Gol 5A	Gol 6B	Gol 7A1	`Gol 7A2	Gol 7B1	Gol 7B2	Gol 7C1	Gol 7C2A	Gol 7C2B	Gol 7C3
VDF4	Faktual	1,2	0,5	2,7	10,3	18,8	29,0	18,2	11,8	16,9	21,4	35,4
	Normal	1,2	0,5	0,7	3,1	5,5	7,6	8,1	7,6	10,3	7,6	12,8
VDF5	Faktual	1,3	0,4	3,7	16,5	35,3	53,9	26,7	17,2	27,2	46,5	70,1
	Normal	1,3	0,4	0,7	3,6	7,5	9,1	8,9	9,9	14,4	11,3	19,2

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2024)

3.2.8 CBR (California Bearing Ration)

California Bearing Ratio adalah parameter yang menunjukkan daya dukung atau kekuatan relatif taah, terutama tanah dasar (*subgrade*). Dalam konstruktsi perkerasan jalan metode persentil CBR digunakan untuk menentukan nilai CBR desain dari sekumpulan data CBR tanah dasar . Untuk menentukan nilai CBR dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Pk} = \left(\frac{k}{100}(n+1)\right) \tag{3.5}$$

Dengan:

Pk = posisi persentil ke-k

k = tingkat persentil yang digunakan

n = jumlah data CBR

3.3 Program KENPAVE

Program *KENPAVE* merupakan aplikasi yang diciptakan sebagai desain dalam perencanaan perkerasan hasil dari pengembangan oleh Yang H. Huang, P.E. Program *KENPAVE* hanya dijalankan pada versi dengan Windows 95 atau menggunakan versi Windows diatasnya. Penggunaan selain versi windows 95 danversi windows vista dapat berjalan, akan tetapi pada saat aplikasi beroperasi nantinya kurang maksimal saat digunakan. Masalah tersebut terjadi karena aplikasi kenpave dibuat untuk operasi sistem versi lama. Berikut pada Gambar 3.4 merupakan tampilan utama ketika membuka program *KENPAVE.*



Gambar 3.4 Tampilan Awal Pada Program KENPAVE

Sumber: Kenpave (2026)

Pada tampilan awal program *KENPAVE* terbagi menjadi 2 bagian menuutama yang berfungsi menganalisis perkerasan. Bagian tersebut terdiri dari menu *LAYERINP*, *KENLAYER* sebagai menu pilihan yang digunakan untuk perkerasanlentur dan *SLABSINP*, *KENSLABS* untuk perkerasan kaku (rigid pavement). Berikut untuk penjelasan menu pada program *KENPAVE*.

3.3.1 Data *Path*

Adalah keterangan untuk menyimpan data secara *default* yang terletak padatempat folder penginstalan program *KENPAVE.*

3.3.2 *File Name*

Menu ini menampilkan sebuah file yang dibuat oleh *LAYERNIP* atau *SLABSINP*. Kita tidak perlu mengganti pada menu file name karena file yang akan

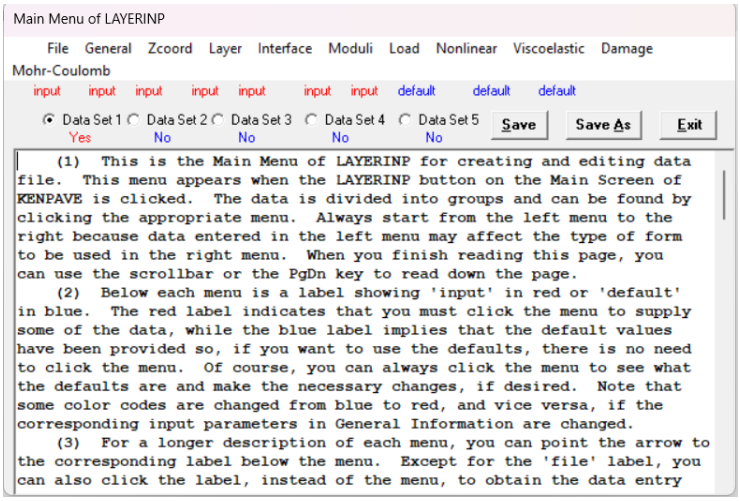
dibuat secara otomatis ada di menu file dengan nama Unitetled.DAT dan bisa diubah nantinya.

3.3.3 *Help*

Pada setiap *layer* menu mempunyai pilihan menu *help* yang mempunyai fungsi untuk menjelaskan parameter input dan penggunaan dari perintah yangterdapat pada program *KENPAVE*.

3.3.4 *LAYERINP atau SLABINP*

LAYERINP dan *SLABINP* digunakan dalam pembuatan file data analisis struktur. Tampilan *LAYERINP* dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Tampilan *Layernip*

Sumber: Kenpave (2026)

Pada bagian menu terdapat tulisan '*input*' yang dimana menu itu perlu disesuaikan dengan data struktur perkerasan yang akan dianalisis jika '*default*', tidak perlu mengisikan bagian tersebut.

3.3.5 *KENLAYER atau KENSLAB*

KENLAYER atau *KENSLAB* merupakan menu utama dalam analisis perkerasan dan berjalan jika file data telah dibuat. Program ini akan menganalisisdari file data dan mulai eksekusi.

3.3 Program KENLAYER

Menu ini digunakan unutk jenis struktur perkerasan lentur yang dapat berjalan jika peneliti telah memasukkan data pada *LAYERINP. LAYERINP* terdiri

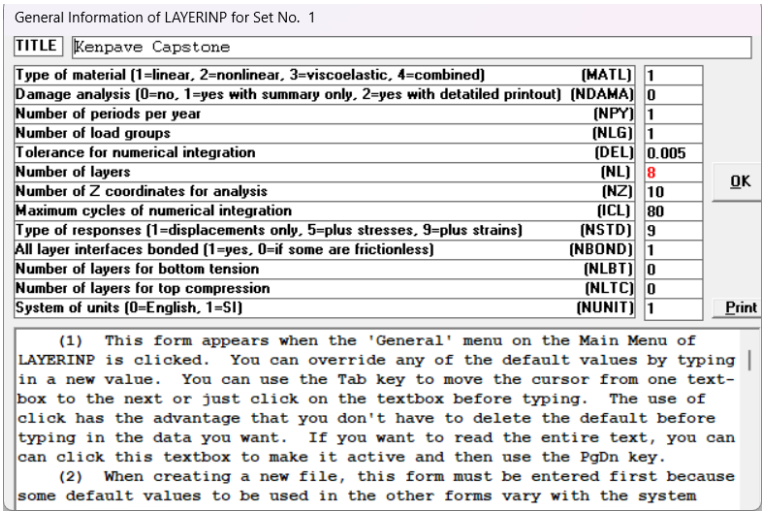
dari 11 bagian dengan masing-masing mempunyai fungsi dalam memasukan data yang akan dianalisis.

3.4.1 *File*

Menu *File* berfungsi untuk memulai analisis baru dengan pilihan *new* atau *file* yang sudah ada dengan pilihan *old.*

3.4.2 *Menu*

Menu untuk menunjukan informasi dari perkerasan yang akan dilakukan analisis. Gambar 3.6 merupakan tampilan dari *General*.

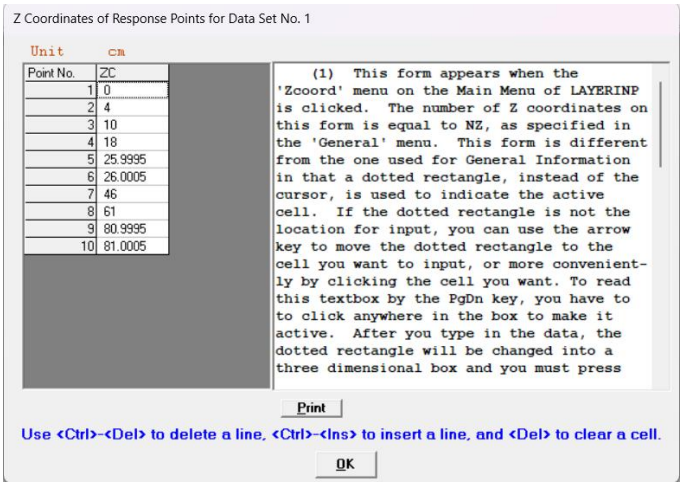


Gambar 3.6 Tampilan *General*

Sumber: Kenpave (2026)

3.4.3 *Zcoord*

Zcoord merupakan menu untuk menganalisis struktur perkerasan pada titik jarak koordinat Z, nilai *NZ* pada menu general akan mempengaruhi jumlah *point* pada menu ini. Gambar 3.7 merupakan tampilan dari *Zcoord*.

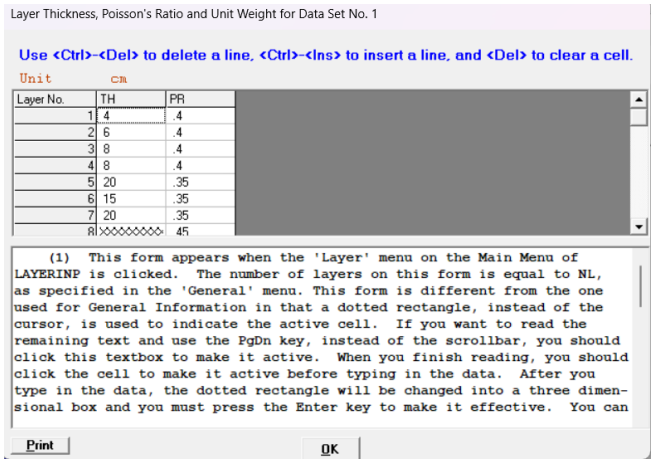


Gambar 3.7 Tampilan *Zcoord*

Sumber: Kenpave (2026)

3.4.4 *Layer*

Pada menu *Layer* terdapat dua kolom yang dapat diinput dengan data yang akan di analisis. Pada kolom pertama adalah TH (*Thickness*) yaitu ketebalan perkerasan dari tiap lapisan dan kolom kedua PR (*Possion's Ratio*) tiap lapisan. Berikut merupakan tampilan dari menu *Layer* dapat dilihat pada Gambar 3.8.



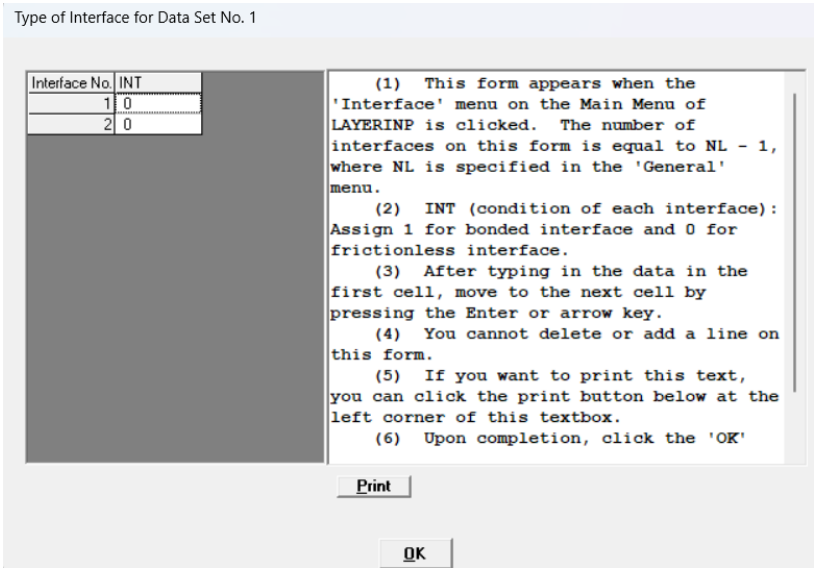
Gambar 3.8 Tampilan Layer

Sumber: Kenpave (2026)

3.4.5 *NBOUND*

Nilai *NBOUND* pada menu general akan mempengaruhi dari kinerja menu ini, jika *NBOUND* = 1 maka kolom akan menjadi *default* sedangkan jika *NBOUND*

= 2 maka kolom akan aktif dan dapat melakukan input data. Berikut pada Gambar 3.9 merupakan tampilan dari *Interface* yang mempengaruhi nilai *NBOUND*.

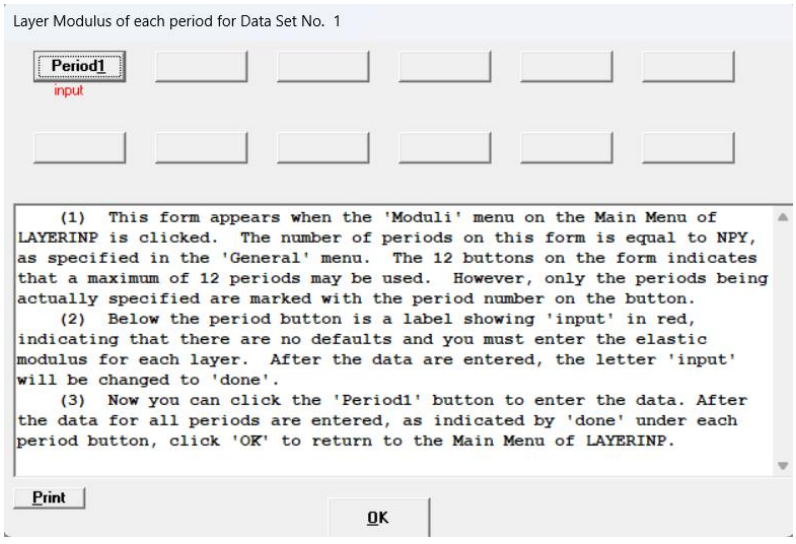


Gambar 3.9 Tampilan *Interface*

Sumber: Kenpave (2026)

3.4.6 *Modul*

Dalam menu *modul* terdapat beberapa periode yang dapat diinput dengan data-data nilai E. Jumlah dari periode tergantung pada nilai *NY* dalam menu general. Tampilan *Modul* dapat dilihat pada Gambar 3.10.

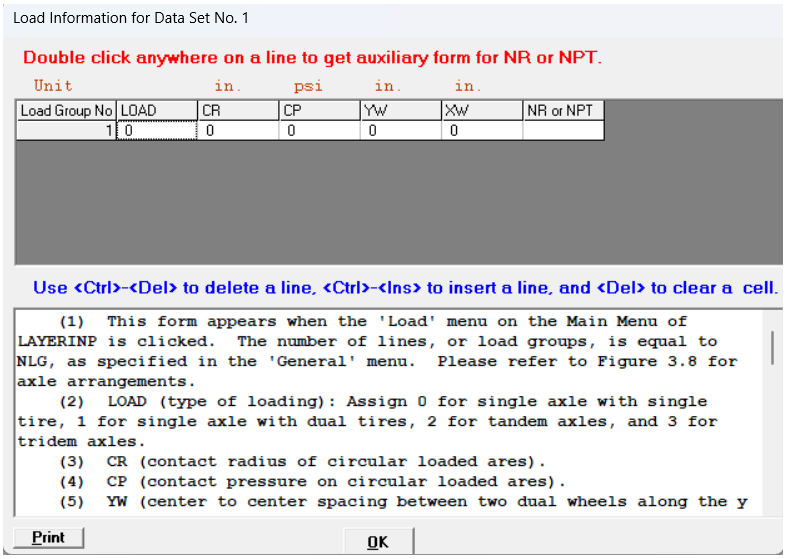


Gambar 3.10 Tampilan *Modul*

Sumber: Kenpave (2026)

3.4.7 *Load*

Input data pada kolom *load*, (0) untuk kendaraan sumbu tunggal, (1) untuk kendaraan tunggal yang memiliki roda ganda, (2) sumbu *tandem* dan (3) sumbu *triple*. CR merupakan radius dari kontak pembebanan kemudian CP merupakan nilai beban. Untuk kolom *YW* dan *XW* merupakan jarak antara roda arah y dan x. Kolom *NPT* dan *NR* adalah titik tinjau koordinat tegangan regangan yang akan dianalisis. Berikut pada Gambar 3.11 merupakan tampilan dari *Load.*



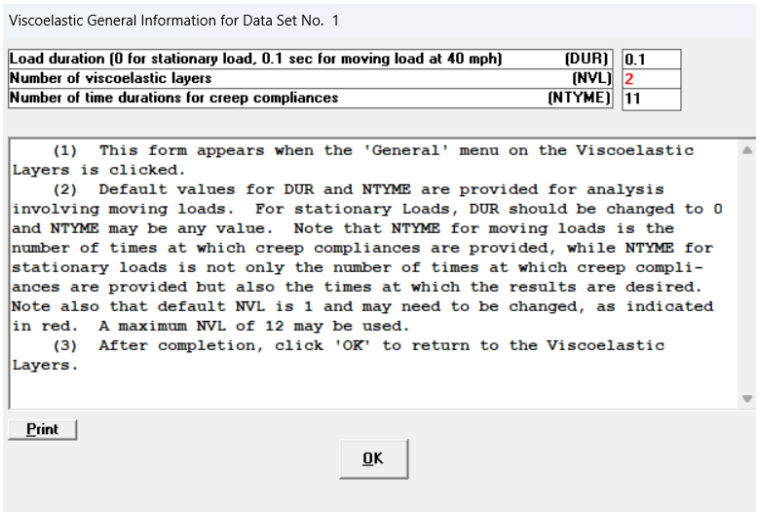
Gambar 3.11 Tampilan *Load*

Sumber: Kenpave (2026)

3.4.8 *Viscoelastic*

Pada penelitian ini, pendekatan *viscoelastic* juga digunakan dalam analisis sehingga selanjutnya dapat dipilih menu *viscoelastic*. Menu ini terdiri dari *General, Time, Layer, Creep,* dan *Temperature.* Berikut merupakan contoh tampilan menu *viscoelastic* dapat dilihat pada Gambar 3.12 sampai Gambar 3.15.

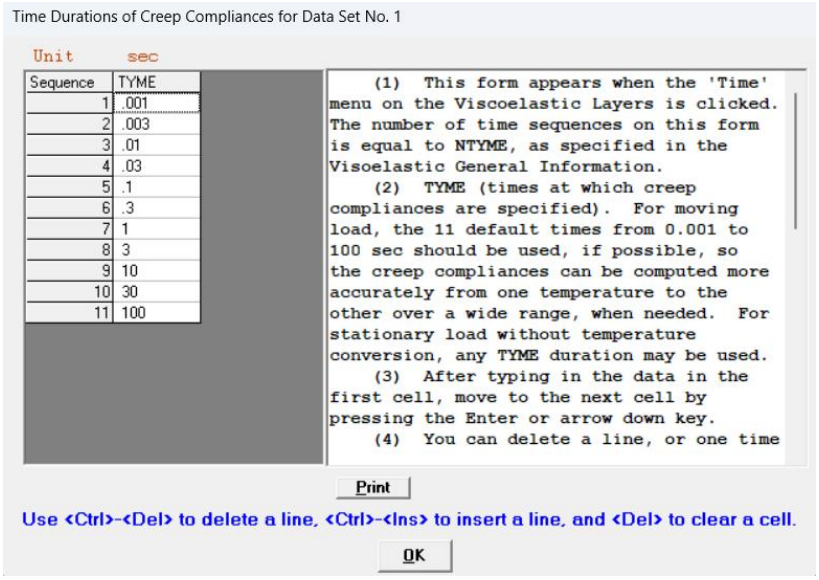
Menu *General* digunakan untuk menginput data seperti *load duration*, jumlah *layer viscoelastic* dan *time duration of creep compliance*.



Gambar 3.12 Tampilan *General* pada *Viscoelastic*

Sumber: Kenpave (2026)

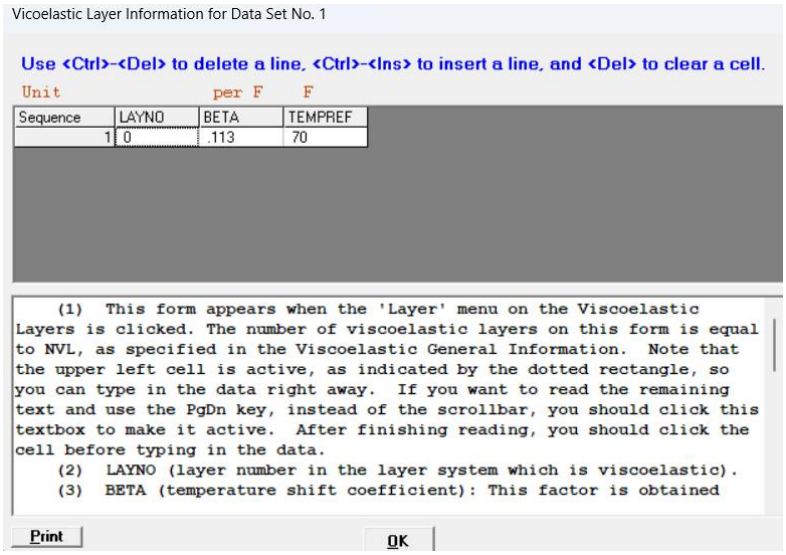
Menu *Time* digunakan untuk data waktu durasi dari *creep compliance* yang sudah ditentukan oleh program *KENPAVE.*



Gambar 3.13 Tampilan Jendela *Time* pada Menu *Viscoelastic*

Sumber: Kenpave (2026)

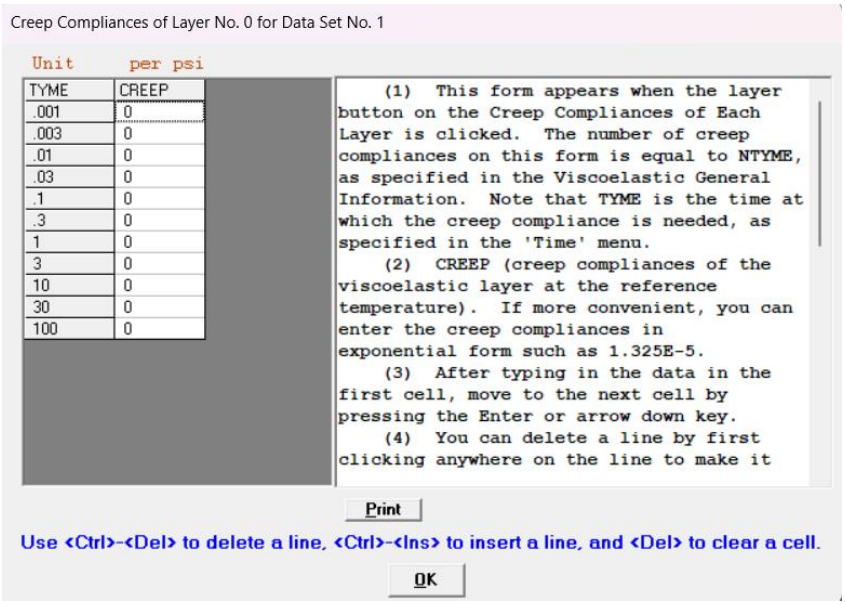
Pada menu *Layer,* data yang perlu diinput adalah data yang berhubungan dengan *layer viscoelastic* seperti Penamaan *layer*, nilai *Beta* dan *temperature layer* tersebut.



Gambar 3.14 Tampilan Jendela *Layer* pada *Viscoelastic*

Sumber: Kenpave (2026)

Menu *Creep* digunakan untuk menginput *Creep Compliance* setiap satuan waktu yang telah dimasukkan pada menu sebelumnya.



Gambar 3. 15 Tampilan Jendela *Creep* pada *Viscoelastic*

Sumber: Kenpave (2026)

Pada menu *Temperature* digunakan data *temperature* yang sudah ditetapkan sebelumnya yaitu sebesar 25°C.

3.4 Analisis Kerusakan Perkerasan

Kerusakan pada struktur lapis perkerasan kerap sering terjadi, salah satu penyebab utama yaitu beban kendaraan yang lewat di atasnya. Dengan analisis menggunakan program *KENPAVE* menghasilkan nilai tegangan-reganan yang dapat memprediksi jenis kerusakan. Berikut beberapa kerusakan seperti *fatigue cracking, rutting,* dan *permanent deformation.*

3.7.1 *Fatigue Cracking*

Jumlah repitisi beban yang telah terjadi berdasarkan regangan tarik pada bagian bawah permukaan perkerasan lentur, perlu menggunakkan Persamaan 3.6 sebagai berikut.

$$N_f = 0{,}0769\ (\varepsilon t)^{-3{,}921}\ |E|^{-0{,}854} \qquad (3.6)$$

dengan:

N_f = jumlah nilai beban pengulangan yang diizinkan untuk mengontrol *fatigue cracking (ESAL),*

ε_t = regangan tarik horizontal di lokasi tinjauan kritis yang dihitung berdasarkan respoons model struktur atau regangan tarik pada bagian bawah lapis permukaan (cm), dan

$|E|$ = modulus elastis pada lapis permukaan (KPa).

3.7.2 *Rutting*

Total dari repetisi beban kendaraan untuk retak berdasarkan pada regangan tekan pada bagian bawah struktur pondasi dihitung dengan Persamaan 3.7 sebagai berikut.

$$N_r = 1{,}365 \times 10^{-9} \times (\varepsilon c)^{-4{,}477} \qquad (3.7)$$

dengan:

N_r = jumlah nilai beban pengulangan yang diizinkan untuk mengontrol *rutting (ESAL)*, dan

ε_c = regangan tekan vertikal dibawah lapis permukaan (cm).

3.7.3 *Permanent Deformation*

Jumlah nilai repitisi beban dapat dihitung dengan Persamaan 3.8 sebagai berikut.

$$N_d = 1{,}365 \times 10^{-9} \times (\varepsilon c)^{-4{,}477} \quad (3.8)$$

dengan:

N_r = jumlah nilai beban pengulangan yang diizinkan untuk mengontrol *permanent deformation (ESAL)*, dan

ε_c = regangan tekan vertikal dibawah lapis fondasi (cm).

3.5 Nilai Umur Layan

Umur layan struktur perkerasan merupakan kemampuan struktur perkerasan jalan dalam menaham beban yang dihasilkan oleh lalu lintas secara berulang hingga jalan tersebut membutuhkan adanya perbaikan. Dalam menentukan umur sisa layan dapat menggunakan satuan tahun.

Nilai umur layan didapatkan dengan menggunakan perhitungan *CESAL* berdasarkan MDPJ 2024, perhitungan tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3.9 berikut.

$$\text{CESAL} = \Sigma(\text{LHR} \times \text{VDF}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \frac{(1+0{,}01\ x\ i)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ i} \quad (3.9)$$

dengan:

CESAL = *Cumulative Equivalent Standart Axle Load* (ESAL),

LHR = Lalu lintas harian rerata,

VDF = *Vehicle Damage Factor*,

DD = Faktor distribusi arah,

DL = Faktor distribusi lajur (%),

i = faktor pertumbuhan lalu lintas (%), dan

UR = Umur layan perkerasan (tahun).

3.6 Karakteristik Material

Karakteristik pada material dibagi beberapa jenis, berikut adalah karakteristik pada material tersebut.

3.7.1 *Elastic Layer*

Karakterisitik pada material ini dianggap bahwa setiap lapisan struktur elastis, isotropis dan homogen secara linear. Pada permodelan lapisan elastis dapat dengan menghitung regangan, tegagnan dan defleksi pada struktur perkerasan yang pada permukaannya menerima beban lalu lintas.

3.7.2 *Viscoelastic Layer*

Pada karakteristik material ini memiliki sifat yaitu pembebanan dapat mempengaruhi perilaku aspal. *Viscoelastic Layer* dapat diperoleh dengan prinsip *elastic-viscoelastic* dengan menerapkan *laplace transform* untuk menghilangkan variable waktu. Pengukuran *creep compliance* ditinjau menggunakan 11 durasi waktu yang berbeda-beda. *Creep compliance* digunakan untuk mengklasifikasi material *viscoelastic* yang dapat dirumuskan dengan persamaan 3.10 sebagai berikut.

$$D(t) = \frac{1}{E}(1\text{-}e^{-0,833t}) \qquad (3.10)$$

dengan:

D(t) = *creep compliance* pada durasi waktu tertentu (kPa),

t = durasi waktu (detik),

E = modulus elastisitas setiap lapisan (kPa), dan

e = konstanta e

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metodologi penelitian merepresentasikan sebuah rangkaian prosedur sistematis yang diimplementasikan untuk mengeksplorasi serta menganalisis data secara mendalam guna memperoleh solusi konkret atas permasalahan yang diteliti. Selain berfungsi sebagai instrumen untuk mencapai target riset, penerapan metode ini juga bertujuan untuk mengonstruksi wawasan ilmiah baru pada bidang spesifik sekaligus melakukan validasi atau pengujian terhadap tingkat kebenaran dari pengetahuan yang telah ada sebelumnya.

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian menggunakan metode deskriptif. Metode penelitian ini dapat digunakan untuk menjawab permasalahan yang akan terjadi pada masa mendatang. Metode deskriptif dilakukan dengan tahap pengumpulan data yang diperlukan, melakukan klasifikasi data, data di analisis atau diolah sehingga didapatkan kesimpulan mengenai gambaran secara objektif dalamsebuah deskripsi. Penelitian yang dilakukan adalah menganalisis umur berdasarkan prediksi kerusakan menggunakan Program Kenpave pemodelan Viskoelastik.

4.2 Pengumpulan Data

Basis data dalam sebuah studi merupakan determinan utama yang menentukan derajat integritas ilmiah serta validitas temuan yang dihasilkan. Mengingat peran strategisnya, identifikasi sumber data ini menjadi landasan dasar dalam merumuskan strategi atau teknik pengumpulan data yang paling efektif. Secara tipologi, sumber-sumber tersebut dikategorisasikan ke dalam dua kelompok besar, yakni data primer yang diperoleh secara langsung dari lapangan dan data sekunder yang berasal dari referensi atau dokumentasi yang telah ada sebelumnya.

Dalam penelitian ini, jenis data yang digunakan adalah data sekunder. Adapun data yang digunakan dalam analisis menggunakan Program *KENPAVE*

pemodelan Viskoelastik di Ruas Jalan Gondanglegi-Balekambang STA 8+000 sampai dengan STA 16+000 adalah:

1. Data tanah dasar (*CBR*)

   Data nilai CBR merupakan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur.

2. Data tebal perkerasan Eksisting

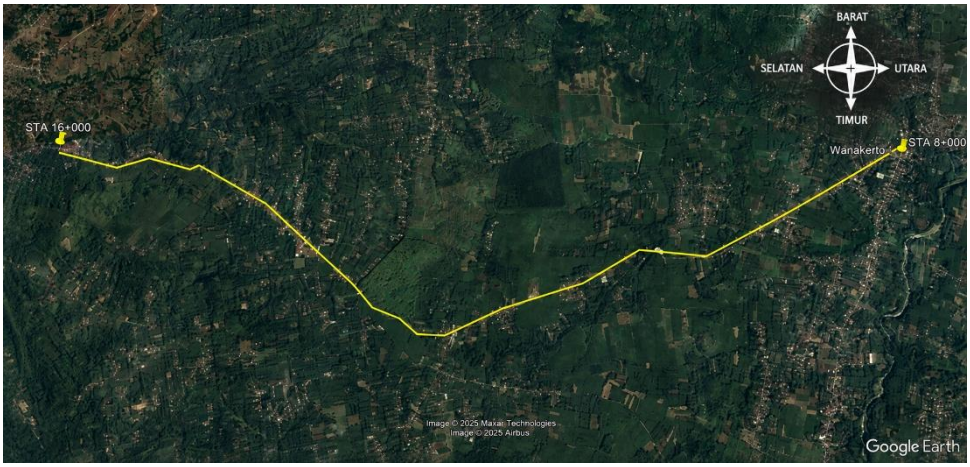
   Ruas jalan Gondanlegi-Balekambang merupakan jalan yang mulai mengalami rehabilitasi terhitung sejak tanggal 1 Oktober 2024 hingga saat ini, pekerjaan rekonstruksi diperkirakan akan selesai pada tanggal 23 Mei 2026. Berdasarkan data yang diperoleh dari Dokumen Proyek Lot 16A Gondanglegi – Balekambang, Kabupaten Malang,

3. Volume lalu lintas harian (LHR)

   Data lalu lintas pada ruas jalan Gondanlegi-Balekambang merupakan data sekunder yang diperoleh dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Timur.

4.3 Lokasi Penelitian

Lokasi yang ditinjau sebagai objek studi kasus dalam penelitian ini adalah Ruas Jalan Gondanglegi-Balekambang, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian Ruas Jalan Gondanglegi-Balekambang STA 8+000 sampai dengan STA 16+000

(Sumber: *Google Earth*, 2026)

4.4 Tahapan Desain Struktur Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2024

Tahapan desain perkerasan lentur mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan No. 03/M/BM/2024. Berikut merupakan tahapan-tahapan untuk desain perkerasan lentur berdasarkan Bina Marga 2024.

1. Menentukan Umur Rencana (UR)
2. Analisis data lalu lintas dan lalu lintas harian rerata tahunan (LHRT)
3. Menentukan faktor pertumbuhan lalu lintas
4. Menentukan faktor lajur rencana
5. Menentukan faktor ekivalen beban
6. Menghitung *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL)
7. Menentukan desain fondasi jalan
8. Menentukan desain perkerasan jalan

4.5 Tahapan Analisis Menggunakan Program *KENPAVE*

Pemodelan desain perkerasan lentur dalam penelitian ini dengan menggunakan program *KENPAVE*. Adapun tahapan-tahapan dalam melakukan analisis sebagai berikut.

1. Menentukan data material seperti:
    a. Mengetahui tebal desain perkerasan
    b. Melakukan asumsi terhadap nilai modulus elastisitas (E) di tiap lapisan struktur perkerasan
    c. Menentukan nilai *poisson's ratio* tiap lapisan struktur perkerasan
2. Menghitung minimum data lalu lintas.
3. Melakukan model desain struktur perkerasan pada *KENPAVE.*
4. Membuat model struktur perkerasan lentur menggunakan *KENLAYER*
5. Memasukkan data mengenai struktur perkerasan, seperti jenis material, total *layer* Z, jenis respon yang dianalisis, jenis pengikat lapisan perkerasan dan menentukan satuan.
6. Melakukan *input* jumlah *point* dengan jarak vertikal kemudian dapat *input* ketebalan dan nilai *poisson's ratio* di setiap lapisan struktur perkerasan
7. Menambahkan data dari ikatan antar lapisan.

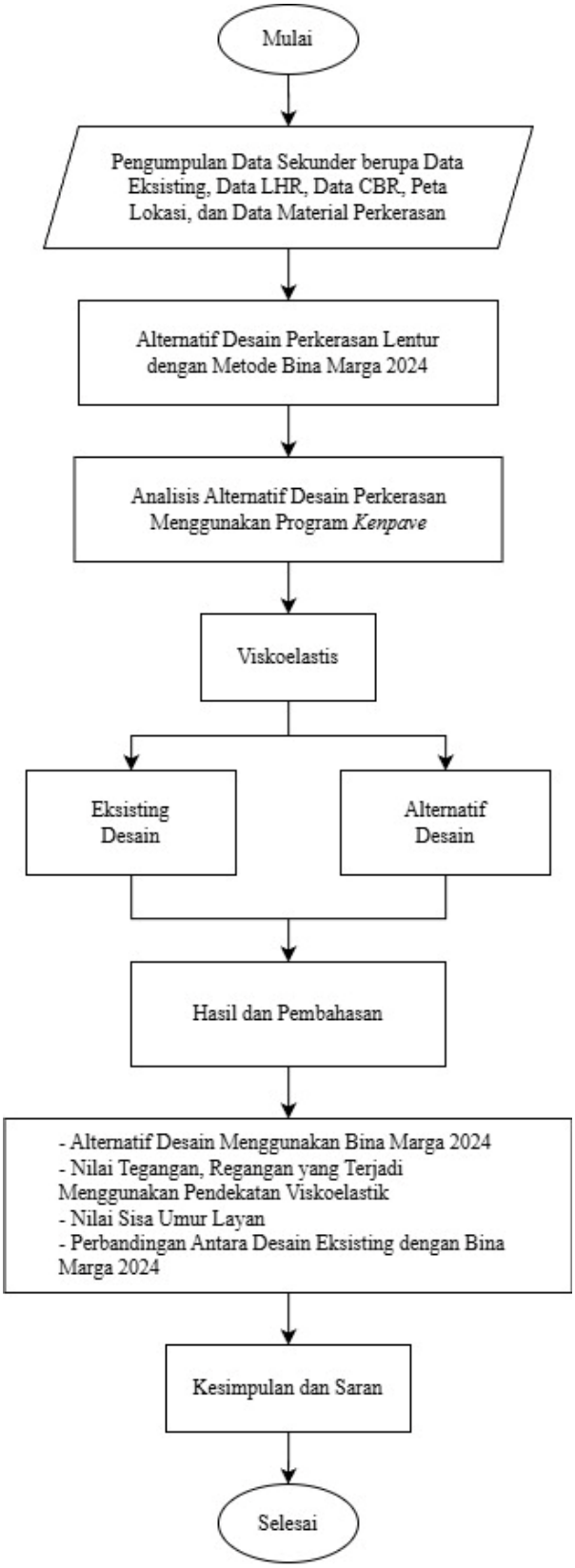
8. Melakukan *input* jumlah periode dan nilai modulus elastisitas tiap lapis dilanjutkan dengan *input* data beban lalu lintas.
9. Mendapatkan hasil berupa deflaksi dari *KENLAYER*.

4.6 Analisis Nilai Umur Layan Struktur Perkerasan Lentur

Setelah melakukan analisis perkerasan jalan, akan mendapatkan nilai tegangan regangan, lalu hubungkan jenis kerusakan dengan repitisi beban, maka analisis prediksi sisa umur layan perkerasan dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan 3.9.

4.7 Bagan Alir Penelitian

Alur penelitian secara garis besar disusun pada Gambar 4.2 sebagai berikut.



Gambar 4.2 Diagram Alir Penelitian

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Penelitian

Terdapat beberapa jenis data penelitian untuk melakukan desain perancangan jalan seperti data lalu lintas dan nilai CBR (*California Bearing Ratio*).

5.1.1 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas yang digunakan pada penelitian merupakan Ruas Jalan Gondanglegi – Balekambang STA 8+000 – 16+000 dan Ruas Jalan Kepanjen-Malang, data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Timur – Bali. Ruas jalan Gondanglegi - Balekambang merupakan jalur strategis yang menghubungkan jaringan jalan nasional Rute 3 dengan Jalur Lintas Selatan (JLS). Ruas jalan Gondanglegi – Balekambang awalnya memliki lebar jalur 7 meter, kemudian pada 2024 dilakukan pelebaran sehingga ruas jalan tersebut menjadi 12 meter, memiliki 2 lajur dengan 2 arah. Berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Timur – Bali didapatkan hasil perhitungan lalu lintas berdasarkan golongan kendaraan yang dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.1 Data Lalu Lintas Harian Rerata Ruas Jalan Gondanglegi-Balekambang STA 8+000-16+000

Gol	Jenis Kendaraan	LHR 2022 (kend/hari)
1	Sepeda Motor	9440
2	Sedan, Jeep	3502
3	Pick Up	20
4	Truck 2 As (L), Truck Kecil	40
5A	Bus Kecil	47
5B	Bus Besar	29
6A	Truck Tangki 2 Sumbu ¾	37
6B	Truck Tangki Sumbu ¾	45
7A1	Truck Tangki 3 Sumbu	22
7B2	Truck Tangki Gandeng	0
7C3	Truck Semi Treiler, Truck Treiler	0
8	Kendaraan Tak Bermotor	35

(Sumber: Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Timur, 2022)

Tabel 5.2 Data Lalu Lintas Harian Rerata Ruas Jalan Kepanjen-Malang

Gol	Jenis Kendaraan	LHR 2020 (kend/hari)	LHR 2024 (kend/hari)
1	Sepeda Motor	29130	39443
2	Sedan, Jeep	6461	10320
3	Pick Up	840	1054
4	Truck 2 As (L), Truck Kecil	1377	2099
5A	Bus Kecil	2	63
5B	Bus Besar	9	110
6A	Truck Tangki 2 Sumbu ¾	249	292
6B	Truck Tangki Sumbu ¾	612	2362
7A1	Truck Tangki 3 Sumbu	71	315
7B2	Truck Tangki Gandeng	18	186
7C3	Truck Semi Treiler, Truck Treiler	52	187
8	Kendaraan Tak Bermotor	256	87

(Sumber: Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Timur, 2020 dan 2024)

Data LHR Ruas Jalan Gondanglegi – Balekambang digunakan sebagai dasar dalam perhitungan beban lalu litnas dan perencanaan struktur perkerasan lentur. Sementara itu, data LHR Ruas Jalan Kepanjen-Malang, merupakan jalur yang berkesinambungan menuju ruas jalan Gondanglegi-Balekambang sehingga digunakan sebagai data pendukung untuk menentukan faktor pertumbuhan lalu lintas yang diperlukan dalam memproyeksikan perkembangan volume lalu lintas selama umur rencana. Dengan demikian, kedua data tersebut memiliki fungsi yang berbeda namun saling mendukung dalam proses perencanaan struktur perkerasan jalan.

5.1.2 Data Nilai CBR

Data nilai CBR merupakan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur. Nilai CBR berurutan dari terkecil hingga terbesar dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5.3 Data Nilai CBR yang telah diurutkan

No	CBR (%)
1	5,64
2	6,46
3	6,47
4	7,08
5	7,23
6	7,34

Lanjutan Tabel 5.3 Data Nilai CBR yang telah diurutkan

No	CBR (%)
7	7,44
8	7,54
9	7,9
10	8,16
11	8,21
12	8,21
13	8,57
14	8,62
15	8,93
16	9,24
17	9,6
18	10,21
19	10,21

(Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur, 2024)

Dari data diatas dapat diperoleh nilai CBR menggunakan metode persentil yang dimana nilai CBR yang dipilih adalah nilai persentil ke 10 yang berarti 10% dari segmen data yang bersangkutan. Untuk menghitung nilai CBR dapat menggunakan Persamaan 3.5.

$$Pk = \left(\frac{k}{100}(n+1)\right)$$

$$P_{10} = \left(\frac{10}{100}(19+1)\right)$$

$$P_{10} = 2$$

Berdasarkan hasil perhitugan di atas, maka nilai CBR yang digunakan adalah nilai CBR yang berada pada urutan 2 berurutan dari jumlah data pada tabel 5.3, sehingga didapatkan nilai CBR sebesar 6,46%

5.1.3 Data Tebal Perkerasan Eksisting

Ruas jalan Gondanglegi-Balekambang merupakan jalan yang mulai mengalami rehabilitasi terhitung sejak 1 Oktober 2024 hingga saat ini, pekerjaan rekonstruksi diperkirakan akan selesai pada tanggal 23 Mei 2026. Berdasarkan data yang diperoleh dari Dokumen Proyek Lot 16A Gondanglegi – Balekambang, Kabupaten Malang, tebal perkerasan ruas jalan Wanakerta-Bantur ini adalah sebagai berikut.

AC-WC = 4 cm

AC-BC = 8 cm

Lapis Fondasi Agregat A (LFA A) = 30 cm

Timbunan Pilihan = 20 cm

5.1.4 Kondisi Ruas Jalan

Kondisi Ruas Jalan Gondanglegi-Balekambang dapat dilihat pada Tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.4 Kondisi Ruas Jalan Gondanglegi-Balekambang, Jawa Timur

No	Data	Keterangan
1.	Jenis Jalan	Arteri
2.	Umur Rencana (UR)	20 Tahun
3.	Pertumbuhan Lalu lintas (i)	10,22%
4.	Distribusi Kendaraan	2 Jalur 2 Arah
5.	CBR	6,46 (%)

(Sumber: Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Timur, 2022)

5.2 Desain Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga 2024

5.2.1 Perhitungan Beban Lalu Lintas

Data lalu lintas berperan penting dalam menentukan besaran *CESA,* untuk memperoleh nilai *CESA* membutuhkan sejumlah faktor sebagai berikut.

1. Faktor pertumbuhan lalu lintas

   Satuan yang digunakan untuk menyatakan faktor pertumbuhan lalu lintas adalah persen per tahun (%/tahun). Analisis pertumbuhan dilakukan dengan menggunakan data LHR yang dinayatakan dalam satuan kendaraan per hari (kend/hari). Berdasarkan data lapangan yang diperoleh untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas menggunakan data ruas jalan nasional lain, dikarenakan keterbatasan data yang diperoleh. Data yang diperoleh merupakan LHR tahun 2020 dan 2024 untuk ruas Kepanjen-Malang, jumlah LHR yang didapatkan sebesar 39.077 dan 56.518 kend/hari, ruas tersebut merupakan jalan nasional sehingga digunakan sebagai asumsi untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas. Nilai pertumbuhan lalu lintas tahunan untuk periode 2020-2024 (i) dihitung menggunakan Persamaan 3.2 dan 3.3 sebagai berikut.

$$i1 = \left(\frac{LHR\ 2024}{LHR\ 2020}\right)^{\left(\frac{1}{2024-2020}\right)} - 1$$

$$i1 = \left(\frac{39443}{29130}\right)^{\left(\frac{1}{2024-2020}\right)} - 1$$

$$i1 = 0{,}07872$$

$$i\ pakai = \left(\frac{\sum i}{n}\right) x100\%$$

$$i\ pakai = \left(\frac{1{,}22638}{12}\right) x100\%$$

$$i\ pakai = 10{,}22\%$$

Besaran faktor pertumbuhan lalu lintas terbagi menjadi 2 yaitu R2 (2026-2028) untuk faktual dan R18(2028-2046) untuk normal dengan contoh perhitungan menggunakan Persamaan 3.1 sebagai berikut.

$$R = \frac{(1+0{,}01\ x\ i)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ i}$$

$$R_2 = \frac{(1+0{,}01\ x\ 10.22)^{2}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}$$

$$R = 2{,}1$$

Hasil rekapitulasi perhitungan nilai (i) sebagai laju pertumbuhan tahunan dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5.5 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Nilai (i)

No	Golongan Kendaraan	LHR 2020 (kend/hari)	LHR 2024 (kend/hari)	i
1	1	29130	39443	0.0787166
2	2	6461	10320	0.12420364
3	3	840	1054	0.05837685
4	4	1377	2099	0.11114216
5	5A	2	63	0
6	5B	9	110	0
7	6A	249	292	0.04062888
8	6B	612	2362	0.2213958
9	7A1	71	315	0.45131957
10	7B2	18	186	0
11	7C3	52	187	0.37708125
12	8	256	87	-0.23648105
∑i				1,2226383

2. Faktor distribusi lajur (DL)

   Faktor distribusi lajur ditetapkan berdasarkan acuan pada Tabel 3.4. untuk kondisi kendaraan niaga dengan jumlah lajur tiap arah hanya satu, maka seluruh beban lalu lintas dianggap terdistribusi pada lajur tersebut sehingga diperoleh nilai DL sebesar 100%

3. Faktor distribusi arah (DD)

   Mengacu pada ketentuan dalam MDPJ 2024, faktor distribusi arah ditentukan berdasarkan kondisi lalu lintas dua arah. Pada ruas jalan dengan pergerakan lalu lintas yang relatif seimbang, nilai DD umumnya diambil sebesar 0,5. Pemilihan angka ini dimaksudkan untuk mempresentasikan distribusi beban kendaraan yang proporsional pada masing-masing arah.

4. VDF (*Vehicle Damage Factor*)

   Nilai *VDF* untuk setiap jenis kendaraan niaga yang digunakan dalam proses perhitungan *ESA* telah disajikan pada Tabel 3.5 dan dijelaskan sebelumnya sehingga nilai tersebut menjadi dasar dalam menentukan besarnya kontribusi kerusakan masing-masing golongan kendaraan terhadap perkerasan. Berdasarkan data *VDF* tersebut perhitungan *CESA 5* dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3.2 sesuai pedoman yang berlaku. Sebagai bentuk penerapan perhitungan secara nyata analisis *CESA 4* dan *5* disajikan dalam dua kondisi yaitu *ESA4* dan *ESA*5 faktual untuk periode 2026-2028 yang mencerminkan kondisi lalu lalu lintas pada awal umur rencana serta *ESA4* dan *ESA5* normal untuk periode 2028-2046 yang merepresentasikan kondisi lalu lintas setelah memasuki pola pertumbuhan normal. Fokus analisis dalam contoh ini ditunjukan pada golongan kendaraan 6b.

LHR 2026 $= \text{LHR 2022} \times (1 + i)^{UR}$

$= 45 \times (1 + 10{,}22\%)^4$

$= 67$ kend/hari

CESA4 (2026-2028) $= \sum LHR_{JK} \times VDF_{JK} \times DD \times DL \times R_2 \times 365$

$= 67 \times 2{,}7 \times 0{,}5 \times 1 \times 2{,}1 \times 365$

$= 56.972$ ESAL

LHR 2028 = LHR 2026 x $(1 + i)^{UR}$

= 67 x $(1 + 10.22\%)^2$

= 82 kend/hari

CESA4 (2028-2046) = $\sum LHR_{JK}$ x VDF_{JK} x DD x DL x R_{18} x 365

= 82 x 0,7 x 0,5 x 1 x 46,61 x 365

= 398.944 ESAL

LHR 2026 = LHR 2022 x $(1 + i)^{UR}$

= 45 x $(1 + 10,22\%)^4$

= 67 kend/hari

CESA5 (2026-2028) = $\sum LHR_{JK}$ x VDF_{JK} x DD x DL x R_2 x 365

= 67 x 3,7 x 0,5 x 1 x 2,1 x 365

= 95.107 ESAL

LHR 2028 = LHR 2026 x $(1 + i)^{UR}$

= 67 x $(1 + 10.22\%)^2$

= 82 kend/hari

CESA5 (2028-2046) = $\sum LHR_{JK}$ x VDF_{JK} x DD x DL x R_{18} x 365

= 82 x 0,7 x 0,5 x 1 x 46,61 x 365

= 488.260 ESAL

Hasil rekapitlasi perhitungan *CESA4* dan *CESA 5* dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagai berikut.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai *CESA 4*

Golongan Kendaraan	LHR 2022 (kend/hari)	LHR 2024 (kend/hari)	LHR 2026 (kend/hari)	LHR 2028 (kend/hari)	VDF 4 Faktual	VDF 4 Normal	R (i = 10,22%)		ESA 4	
							2 Tahun	18 Tahun	Beban Faktual 2026-2028	Beban Normal 2028-2046
							2026-2028	2028-2046		
1	9.440	11.467	13.927	16.917	0	0	2,1	46,61	0	0
2,3,4	3.562	4.328	5.257	6.386	0	0	2,1	46,61	0	0
5A	47	58	70	86	0	0	2,1	46,61	0	0
5B	29	36	43	53	1,2	1,2	2,1	46,61	16.573	438.923
6A	37	45	55	67	0,5	0,6	2,1	46,61	8.632	233.922
6B	45	55	67	82	2,7	0,7	2,1	46,61	56.972	398.944
7A1	22	27	33	41	10,3	3,1	2,1	46,61	106.693	870.191
7B2	0	0	0	0	18,2	8,1	2,1	46,61	0	0
7C3	0	0	0	0	35,4	12,8	2,1	46,61	0	0
8	35	43	52	64	0	0	2,1	46,61	0	0
***CESA* 20 Tahun (*ESAL*)**									188.871	1.941.982
									2.130.854	

Tabel 5.7 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai *CESA* 5

Golongan Kendaraan	LHR 2022 (kend/hari)	LHR 2024 (kend/hari)	LHR 2026 (kend/hari)	LHR 2028 (kend/hari)	VDF 5 Faktual	VDF 5 Normal	R (i = 10,22%)		ESA 5	
							2 Tahun	18 Tahun	Beban Faktual 2026-2028	Beban Normal 2028-2046
							2026-2028	2028-2046		
1	9440	11467	13927	16917	0	0	2,1	46,61	0	0
2,3,4	3562	4328	5257	6386	0	0	2,1	46,61	0	0
5A	47	58	70	86	0	0	2,1	46,61	0	0
5B	29	36	43	53	1,3	1,3	2,1	46,61	21.446	586.082
6A	37	45	55	67	0,4	0,4	2,1	46,61	8.440	227.968
6B	45	55	67	82	3,7	0,7	2,1	46,61	95.107	488.260
7A1	22	27	33	41	16,5	3,6	2,1	46,61	208.898	1.255.526
7B2	0	0	0	0	26,7	9,8	2,1	46,61	0	0
7C3	0	0	0	0	70,1	19,2	2,1	46,61	0	0
8	35	43	52	64	0	0	2,1	46,61	0	0
***CESA* 20 Tahun (*ESAL*)**									333.891	2.557.836
									2.891.728	

5.2.2 Penentuan Tebal Lapis Perkerasan Bina Marga 2024

Penentuan tebal lapis perkerasan dilakukan dengan mengacu pada hasil perhitungan *CESA* 4 dan 5 untuk umur rencana 20 tahun, yaitu sebesar 2.131 x 10^6 dan 2.892 x 10^6 Nilai tersebut digunakan sebagai dasar dalam memilih tipe perkerasan yang sesuai dengan ketentuan pada MDPJ 2024. Berdasarkan pedoman tersebut, pemilihan jenis perkerasan mengacu pada Bagian 3, 3A, 3B, 4, 6 dan 7 Hasil penetapan jenis perkerasan yang diperoleh dari proses perhitungan tersebut disajikan secara rinci pada Tabel 5.8 sebagai berikut.

Tabel 5.8 Pemilihan Jenis Perkerasan berdasarkan Nilai Pembebanan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA5 (juta) dalam 20 tahun				
		0-1	1-4	4-10	>10-30	>30
Ac modifikasi	3, 3A, 3B	-	-	-	-	2
Ac modifikasi dengan CTB					2	-
Ac dengan lapis fondasi CTB					-	2
Ac dengan lapis fondasi agregat	3, 3A 3B	-	1.2	1.2	2	-
HRS tipis diatas lapis fondasi agregat	4	2	2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan lapis fondasi agregat	5	3	3	-	-	-
AC/HRS dengan lapis fondasi Soil Cement	6	2	2	-	-	-
AC/HRS dengan lapis fondasi agregat dan perbaikan tanah dasar (dengan stabilisasi semen)	7	2	2	-	-	-
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat	8	-	-	-	2	2
Perkerasan kaku denganlalu lintas rendah	8A	-	-	1,2	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat dan jalan kerikil)	9	1	-	-	-	-

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2024)

Berdasarkan Tabel 5.8 pemilihan jenis perkerasan ditentukan berdasarkan Bagan Desain 3, 3A, 3B, 4, 6, dan 7 sebagaimana telah tercantum dalam MDPJ 2024. Dari hasil tersebut struktur perkerasan yang sesuai adalah AC dengan lapis fondasi agregat, HRS, dan AC dengan *Soil Cement* yang disesuaikan dengan

kategori pembeban lalu kintas pada umur rencana 20 tahun. Rincian lebih lanjut mengenai tebal perkerasan disajikan pada Tabel 5.9 hingga Tabel 5.13 sebagai berikut.

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 5.9 hingga Tabel 5.13 diperoleh empat alternatif desain tebal lapis perkerasan yang digunakan sebagai dasar dalam tahap analisis. Keempat alternatif tersebut merepresentasikan variasi struktur perkerasan yang disesuaikan dengan kondisi beban lalu lintas serta umur rencana yang telah ditetapkan. Setelah perhitungan dilakukan menggunakan metode Bina Marga 2024, tahap selanjutnya adalah melakukan verifikasi dengan bantuan program *KENPAVE*, sehingga hasil analisis tidak hanya mengacu pada pendekatan teoritis, tetapi juga didukung oleh simulasi mekanistik.

Alternatif desain yang dihasilkan berdasarkan metode Bina Marga pada dasarnya menunjukkan adanya variasi pendekatan dalam upaya meningkatkan kekuatan struktur jalan. Beberapa desain lebih menitik beratkan pada penggunaan lapisan beraspal, sementara alternatif lainnya memanfaatkan lapis fondasi agregat sebagai media lebih merata, serta ada pula yang memanfaatkan lapis fondasi yang menggunakan *soil cement* apabila dalam lingkungan pekerjaan merupakan area dengan sumber agregat atau kerikil terbatas. Perbedaan pendekatan ini mengindikasikan bahwa metode MDPJ 2024 memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi karena mampu memberikan berbagai pilihan desain yang dapat disesuaikan dengan kondisi lapangan, ketersediaan material, serta besarnya beban lalu lintas yang direncanakan.

Tahap analisis selanjutnya difokuskan pada evaluasi pengaruh variasi konfigurasi lapisan terhadap kinerja struktur perkerasan. Setiap alternatif dianalisis melalui simulasi tegangan regangan menggunakan program *KENPAVE*, sehingga dapat diketahui kecendrungan potensi kerusakan yang mungkin terjadi, seperti *fatigue cracking*, *rutting*, maupun *permanent deformation*. Dengan demikian, proses evaluasi tidak hanya terbatas pada penentuan tebal lapisan, tetapi juga mempertimbangkan respons struktural yang lebih mendekati kondisi aktual akibat pembebanan berulang kendaraan berat.

Tabel 5.9 Desain Perkerasan Lentur dengan Lapis Fondasi Agregat (aspal pen 60/70 dan PG70)

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF(1) 1	**FFF(1) 2**	**FFF(1) 3**	**FFF(1) 4**	**FFF(1) 5**	**FFF(1) 6**	**FFF(1) 7**	**FFF(1) 8**	**FFF(1) 9**
	Untuk beban rencana < 30 juta ESA5 menggunakan Aspal Pen 60/70					**Untuk beban rencana ≥ 30 juta ESA5 direkomendasikan menggunakan Aspal PG70[1]**			
Beban rencana 20 tahun (10^6 ESA5)	< 2	> 2 - 5	> 5 - 10	> 10 - 15	> 15 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 150	> 150 - 200
Tebal Perkerasan (mm)									
AC WC	60[2]	40	40	40	40	40	40	50	40
AC BC	-	65	75	75	60	60	75	80	60
	-	80	80	-	-	-	-	-	-
AC *Base*[3]	-	-	-	100	80	85	100	100	80
	-	-	-	-	80	100	100	100	80
	-	-	-	-	-	-	-	-	90
Lapis Fondasi Agregat Kelas A[4]	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Lapis Fondasi Agregat Kelas B	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen[5]	-	-	200	200	200	200	200	200	200

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 2024)

Tabel 5.10 Bagan Desain Penyesuaian tebal lapis timbunan pilihan berbutir kasar atau LFA kelas C atau stabiliasi semen (hanya untuk bagan desain-3A) beban rencana 20 tahun > 5 juta ESA 5

		Tebal (mm)
Subgrade 6 < CBR < 10	Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen	200
Subgrade 10 ≤ CBR < 30	Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen	150
Subgrade CBR ≥ 30	Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen	-

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 2024)

Tabel 5.11 Bagan Desain Perkerasan Lentur dengan HRS

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA5)	**FF1 < 0,5**	**0,5 ≤ FF2 ≤ 4,0**
Jenis permukaan	**HRS atau Penetrasi Makadam**	**HRS[2]**
Struktur Perkerasan	Tebal lapisan (mm)	
HRS-WC	50	30
HRS-*Base*	-	35
LFA Kelas A	150	250
LFA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR > 10%	150	150

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 2024)

Tabel 5.12 Bagan Desain Perkerasan dengan *improve subgrade* stabilisasi semen

	STRUKTUR PERKERASAN		
	SC1	**SC2**	**SC3**
	Beban Sumbu 20 tahun pada lajur desain (ESA4 x 10^6)		
	< 0,1	0,1 – 0,5	> 0,5 – 4
	Ketebalan lapis perkerasan (mm)		
HRS WC, AC WC	50		
Lapis Fondasi Agregat Kelas A	160	220	300
Lapis Fondasi Agregat Kelas B	110	150	200
Stabilisasi tanah asli hingga mencapai CBR ekuivalen 6%	160	200	260

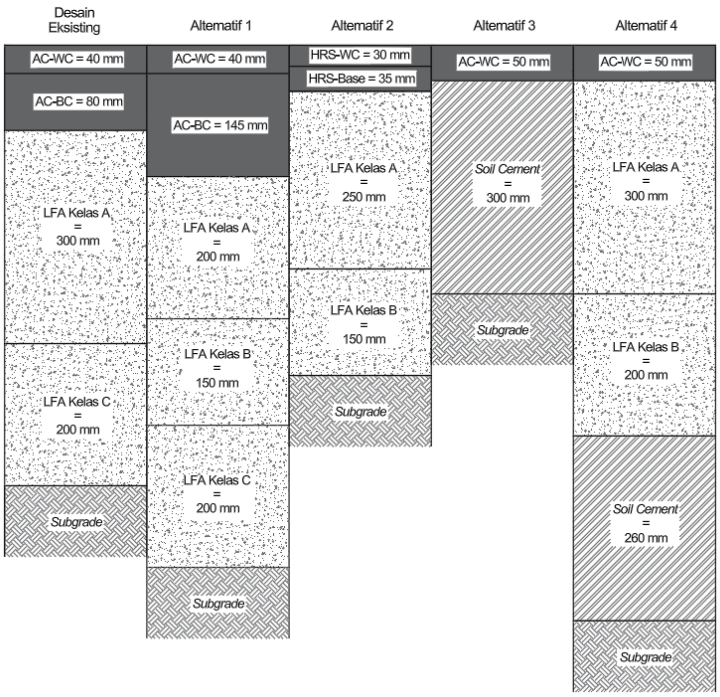
(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 2024)

Tabel 5.13 Bagan Desain Perkerasan dengan stabilisasi tanah semen (*soil cement)*

	STRUKTUR PERKERASAN		
	SC1	**SC2**	**SC3**
	Beban Sumbu 20 tahun pada lajur desain (ESA4 x 10^6)		
	< 0,1	0,1 – 0,5	> 0,5 - 4
	Ketebalan lapis perkerasan (mm)		
HRS WC, AC WC	50		
Lapis Fondasi Tanah Semen Target UCS 2,4 MPa	160	220	300

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 2024)

Hasil verifikasi ini memiliki peran penting dalam menilai apakah suatu desain cenderung mengalami *over design* atau justru belum cukup mampu menahan beban lalu lintas selama umur rencana. Melalui tahapan ini juga dapat diidentifikasi alternatif paling optimal ditinjau dari aspek ketahanan, efisiensi penggunaan material, serta kesesuaian dengan kondisi lapangan. Susunan lapisan dari masing-masing alternatif dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut.



Gambar 5.1 Tebal Alternatif Desain Lapis Perkerasan

5.3 Analisis Tebal Perkerasan Menggunakan *KENPAVE*

Analisis ketebalan struktur perkerasan menggunakan program *KENPAVE* dilakukan dengan memasukan parameter material pada tiap lapisan berupa modulus elastisitas dan nilai *poisson ratio*. Selanjutnya, respon tegangan dan regangan hasil analisis digunakan sebagai dasar dalam menentukan kemampuan repitisi beban lalu lintas, dengan fokus utama pada regangan di lapisan aspal serta area bawah lapis fondasi. Evaluasi dilakukan terhadap struktur perkerasan kondisi eksisting maupun empat alternatif desain yang mengacu pada metode Bina Marga 2024. Ringkasan tebal lapisan untuk masing-masing kondisi tersebut disajikan pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Tebal Struktur Perkerasan

Lapis Perkerasan	**Desain Tebal Perkerasan (mm)**					
	Jenis Perkerasan	**Eksisting**	**Bina Marga 2024**			
			Alt. 1	**Alt. 2**	**Alt. 3**	**Alt. 4**
			Fondasi Agregat	**HRS**	***Soil Cement***	***Improve Soil Cement***
Surface	*AC-WC*	40	40	-	50	50
	AC-BC	80	145	-	-	-
	HRS-WC	-	-	30	-	-
Base	*HRS-Base*	-	-	35	-	-
Subbase	LFA A	300	200	250	-	300
	LFA B	-	150	150	-	200
	LFA C	200	200		-	-
	Soil Cement	-	-	-	300	260

5.3.1 Analisis Tebal Desain Perkerasan Menggunakan *KENPAVE* dengan pemodelan Viskoelastik

Data yang digunakan dalam evaluasi ini berupa ketebalan struktur perkerasan eksisting yang digunakan sebagai contoh untuk di lakukan analisis menggunakan program *KENPAVE*. Analisis tersebut dilakukan untuk mengetahui besarnya potensi kerusakan yang dapat terjadi pada struktur perkerasan akibat pengaruh beban lalu lintas.

1. Data yang diperlukan untuk analisis *KENPAVE*

Data mengenai jenis material pada setiap lapisan perkerasan disajikan pada Tabel 5.15 sebagai berikut.

Tabel 5.15 Rekapitulasi Parameter Tiap Lapis Perkerasan

AC-WC	Modulus Elastisitas (Mpa)	1.100
	Poisson's Ratio	0,4
AC-BC	Modulus Elastisitas (Mpa)	1.200
	Poisson's Ratio	0,4
HRS-AC	Modulus Elastisitas (Mpa)	800
	Poisson's Ratio	0,4
HRS-Base	Modulus Elastisitas (Mpa)	900
	Poisson's Ratio	0,4
LFA Sub Lapis 1	Modulus Elastisitas (Mpa)	220
	Poisson's Ratio	0,35
LFA Sub Lapis 2	Modulus Elastisitas (Mpa)	170
	Poisson's Ratio	0,35
LFA Sub Lapis 3	Modulus Elastisitas (Mpa)	131
	Poisson's Ratio	0,35
Soil Cement	Modulus Elastisitas (Mpa)	350
	Poisson's Ratio	0,2
Subgrade	Modulus Elastisitas (Mpa)	10 x CBR
	Poisson's Ratio	0,45

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 2024)

2. Analisis tebal struktur perkerasan menggunakan *KENPAVE*

   Analisis ketebalan desain struktur perkerasan eksisting dengan program *KENPAVE* dilakukan untuk menganalisis besaran tegangan dan regangan pada perkerasan lentur. Pada tahap awal, dipilih menu *LAYERNIP*, kemudian dilanjutkan dengan pengisian data pada masing-masing *toolbar* yang tersedia.

   a. *General*

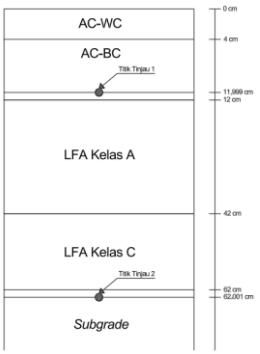
      Pada tahapan ini, data yang digunakan dimasukan sesuai dengan nilai yang tercantum pada Tabel 5.16 sebagai berikut.

Tabel 5. 16 Data yang Dimasukan pada Menu General

Istilah	Nilai	Keterangan
Title	Eksisting	Ditulis sesuai desain yang dimasukkan
MATL	1	Analisis lapis perkerasan dengan metode Viskoelastik
NDMA	0	Tidak adanya kerusakan
NPY	1	Mengikuti ketentuan *KENPAVE*
NLG	1	Mengikuti ketentuan *KENPAVE*
DEL	0,001	Standar akurasi
NL	5	Jumlah *layer* perkerasan yang ditinjau
NZ	5	Letak koordinat arah Z yang dianalisis
ICL	80	Mengikuti ketentuan *KENPAVE*
NSDT	9	Untuk *vertical displacement,* nilai tegangan - regangan
NBOND	1	Semua lapisan saling mengikat
NLBT	1	Mengikuti ketentuan *KENPAVE*
NLTC	1	Mengikuti ketentuan *KENPAVE*
NUNIT	1	SI (Standar Internasional)

b. *Zcoord*

Penentuan lokasi titik tinjau kerusakan dilakukan berdasarkan nilai NZ. Titik tinjau pertama diletakkan pada bagian bawah struktur perkerasan guna menganalisis potensi kerusakan berupa *permanent deformation*. Sementara itu, analisis terhadap kerusakan *rutting* dan *fatigue cracking* dilakukan pada titik tinjau kedua. Posisi masing-masing titik tinjau tersebut ditunjukan pada Gambar 5.2 sebagai berikut.



Gambar 5.2 Letak Titik Tinjau Kerusakan Eksisting

c. *Layer*

Pada tahap pengisian data di layer ini, parameter yang dimasukkan adalah nilai *poisson's ratio* untuk setiap lapisan struktur perkerasan yang dianalisis. Data lengkap pada masing-masing lapisan dapat dilihat pada Tabel 5.17 sebagai berikut.

Tabel 5.17 Data yang Dimasukkan pada Menu *Layet*

No *Layer*	*Thickness* (cm)	*Poisson's Ratio*
1	4	0,4
2	8	0,4
3	30	0,35
4	20	0,35
5	∞	0,45

d. *Moduli*

Pada menu ini digunakan nilai modulus elastisitas dari setiap lapisan perkerasan, dengan detail nilai yang tertera pada tabel 5.18 sebagai berikut.

Tabel 5.18 Data yang Dimasukkan pada Menu *Moduli*

No	Bahan	Modulus Elastisitas (KPa)
1	*AC-WC*	1.100.000
2	*AC-BC*	1.200.000
3	LFA Kelas A	220.000
4	LFA Kelas C	131.000
5	*Subgrade*	64.600

e. *Load*

Penggunaan data pada menu *Load* mengacu pada kondisi beban kendaraan di Indonesia menurut Sukirman (2010). Parameter yang digunakan mencakup jarak antar ronda ganda, dimensi sumbu kendaraan, serta tekanan ban, dengan rincian sebagai berikut.

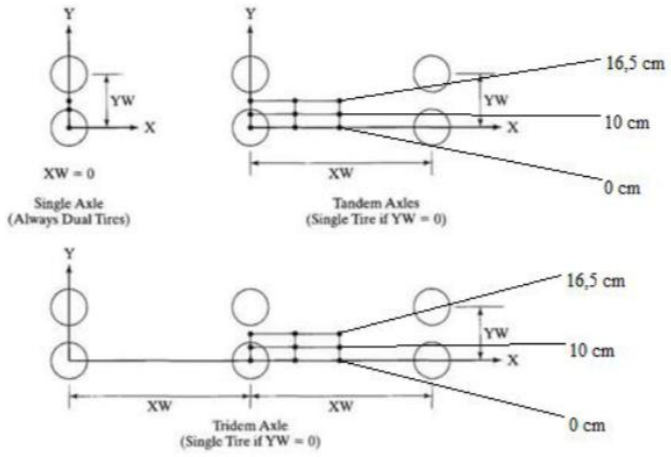
1. Jarak antar sumbu roda ganda sebesar 33 cm
2. Beban kendaraan standar 18.000 pon atau 8,16 ton.
3. Jari-jari bidang kontak ban 11 cm, serta tekanan roda tunggal sebesar 5,5 kg/cm^2.

Adapun data yang digunakan pada menu *Load* dapat dilihat pada Tabel 5.19 sebagai berikut.

Tabel 5.19 Data yang Dimasukkan pada Menu Load

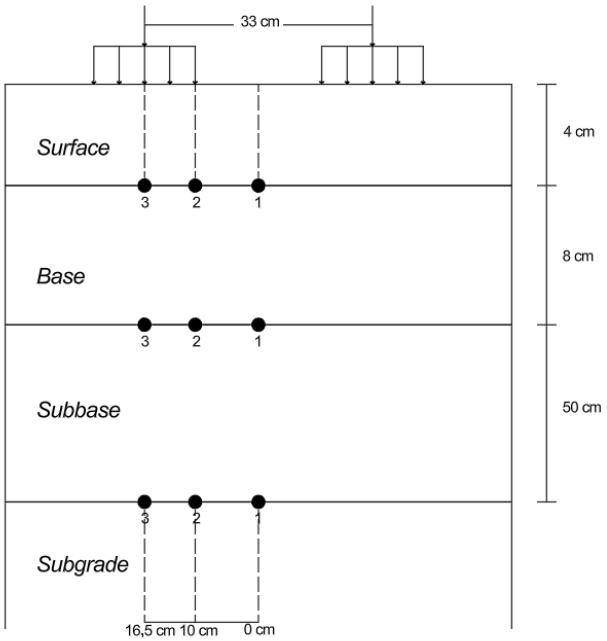
Data No	Nilai	Group
Load	1	*Single axle load,* roda gandar tunggal
CR	11	Nilai jarak antar ban (cm)
CP	550	Nilai tekanan ban (KPa)
YW	33	Berdasarkan *Plan View of Mutiple Wheels*
XW	0	Berdasarkan *Plan View of Mutiple Wheels*
NPT or NR	3	Jumlah koordinat titik tinjau

Dikarenakan pada penelitian ini menggunakan *single axle with dual tires* maka nilai XW dan YW berdasarkan Gambar 5.3 Nilai *NPT* dapat ditentukan dengan melihat titik koordinat dengan tinjauan pada *single axle with dual tires* pada Gambar 5.4 sebagai berikut.



Gambar 5.3 *Plan View of Multiple Wheels*

(Sumber: Huang, 2004)



Gambar 5. 4 Letak Titik Tinjau Berdasarkan Jenis Roda

f. *Viscoelastic*

Parameter yang akan muncul pada menu *viscoelastic* yang harus diisi adalah sebagai berikut.

1) *General*

Parameter data yang perlu dimasukkan pada menu *general viscoelastic* adalah data umum terkait lapisan *viscoelastic* yang akan dianalisis. Data yang perlu diisi pada menu *general viscoelastic* dapat dilihat pada Tabel 5.20 sebagai berikut.

Tabel 5.20 Data yang dimasukkan pada Menu *General Viscoelastic*

Parameter	Nilai	Keterangan
Load Duration (DUR)	0,1	Beban bergerak pada kecepatan 40m/jam
Number of viscoelastic (NVL)	2	Jumlah lapis perkerasan yang bermaterial viskoelastik
Number of time duration for creep compliance (NYTIME)	11	Banyaknya waktu untuk perhitungan *creep compliance*

2) *Time*

Parameter daya yang perlu dimasukkan pada menu *time* adalah 11 nilai waktu sesuai dengan nilai *input* pada *NYTIME* pada menu *viscoelastic general*. Data yang perlu diisi pada menu *layer* dapat dilihat pada Tabel 5.21 sebagai berikut.

Tabel 5.21 Data yang Dimasukkan pada Menu *Time*

Sequence	*Time* (Waktu)
1	0,001
2	0,003
3	0,01
4	0,03
5	0,1
6	0,3
7	1
8	3
9	10
10	30
11	100

(Sumber: Huang, 2004)

3) *Layer*

Parameter data yang perlu dimasukkan pada menu *layer viscoelastic* adalah nilai *Beta* (β) dan Temperatur. *Beta* adalah *time temperature shift factor* yang digunakan unutk menyesuaikan *creep compliance* pada suhu tertentu. Data yang perlu diisi pada menu *layer* dapat dilihat sebagai berikut:

Nilai *Beta* (β) = 0,113 (Huang, 2004)

Suhu = 25°C.

4) *Creep Compliances*

Parameter data yang perlu dimasukan selanjutnya adalah nilai *creep compliance*. Jumlah lapis perkerasan yang membutuhkan *creep compliance* akan menyesuaikan nilai *NVL* yang telah di input pada menu *general viscoelastic.* Pada penelitian ini terdapat 4 lapis perkerasan yang berpengikat aspal dan dianggap *viscoelastic*, yaitu lapis *AC-WC, AC-BC, HRS-WC,* dan *HRS-Base*. Untuk mendapatkan nilai *creep compliance* dapat menggunakan rumus persamaan 3.7. berikut merupakan contoh perhitungan *creep compliance* dengan lapis *AC-WC* pada waktu 0,001 detik seperti dibawah ini.

$D(t) = \frac{1}{E}(1\text{-}e^{-0,833t})$

$D\ (0,001) = \frac{1}{1.100.000}(1\text{-}2,71828183^{-0,833(0,001)})$

$D\ (0,001) = 7,570E\text{-}10$

Dari perhitungan di atas, nilai *creep compliance* untuk lapis *AC-WC* untuk waktu 0,001 detik sebesar 7,570E-10. Perhitungan lapisan lain dan durasi waktu lainnya dapat dihitung menggunakan proses yang sama seperti langkah diatas. Rekapitulasi perhitungan *creep compliance* untuk lapisan *AC-WC, AC-BC, HRS-WC,* dan *HRS-Base* dapat dilihat pada Tabel 5.22 sampai Tabel 5.25.

Tabel 5.22 Rekapitulasi *Creep Compliance Lapisan AC-WC*

Duraksi Waktu (t)	*Creep Compliance*
0,001	7.570E-10
0,003	2.269E-09
0,01	7.541E-09
0,03	2.244E-08
0,1	7.266E-08
0,3	2.010E-07

Lajutan Tabel 5.22 Rekapitulasi *Creep Compliance Lapisan AC-WC*

Duraksi Waktu (t)	*Creep Compliance*
1	5.139E-07
3	8.344E-07
10	9.089E-07
30	9.091E-07
100	9.091E-07

Tabel 5.23 Rekapitulasi *Creep Compliance Lapisan AC-BC*

Duraksi Waktu (t)	*Creep Compliance*
0,001	6.939E-10
0,003	2.080E-09
0,01	6.913E-09
0,03	2.057E-08
0,1	6.660E-08
0,3	1.843E-07
1	4.710E-07
3	7.649E-07
10	8.331E-07
30	8.333E-07
100	8.333E-07

Tabel 5.24 Rekapitulasi *Creep Compliance Lapisan HRS-WC*

Duraksi Waktu (t)	*Creep Compliance*
0,001	1.041E-09
0,003	3.120E-09
0,01	1.037E-08
0,03	3.085E-08
0,1	9.991E-08
0,3	2.764E-07

Lajutan Tabel 5.24 Rekapitulasi *Creep Compliance Lapisan HRS-WC*

Duraksi Waktu (t)	*Creep Compliance*
1	7.066E-07
3	1.147E-06
10	1.250E-06
30	1.250E-06
100	1.250E-06

Tabel 5.25 Rekapitulasi *Creep Compliance Lapisan HRS-Base*

Duraksi Waktu (t)	*Creep Compliance*
0,001	1.041E-09
0,003	3.120E-09
0,01	1.037E-08
0,03	3.085E-08
0,1	9.991E-08
0,3	2.764E-07
1	7.066E-07
3	1.147E-06
10	1.250E-06
30	1.250E-06
100	1.250E-06

5) *Temperature*

Parameter data yang perlu dimasukkan pada menu *temperature* adalah suhu yang dijadikan acuan dalam analisis yaitu 25°C.

Setelah seluruh parameter analisis terisi dengan data lapis perkerasan jalan langkah selanjutnya adalah menyimpan data dengan mengklik save atau save as. Kemudian, klick exit sehingga tampilan KENPAVE akan kembali ke layar utama. Kemudian klik menu KENLAYER dan tunggu beberapa saat hingga muncul file hasil analisis. Hasil analisis

akan otomatis tersimpan dalam bentuk file dengan format *file'.textdocument'*.

5.3.2 `Hasil Analisis *KENLAYER*

Program *KENLAYER* menghasilkan keluaran berupa nilai regangan yang terjadi pada struktur perkerasan jalan. Detail hasil analisis tersebut disajikan pada Tabel 5.26 Hingga Tabel 5.30 yang menunjukan besarnya tegangan dan regangan pada saat struktur perkerasan menerima pembebanan di titik koordinat tertentu.

Tabel 5.26 Rekapitulasi Nilai *Vertical* dan *Horizontal Strain* Eksisting

Titik Tinjau Pengulangan Beban	***Horizontal Strain* Pada Kedalaman 11,999 cm**	***Vertical Strain* Pada Kedalaman 11,999 cm**	***Vertical Strain* Pada Kedalaman 62,001 cm**
1	0,000326	0,000446	0,000327
2	0,000313	0,000295	0,000352
3	0,000294	0,000196	0,000356
Maksimum	0,000326	0,000446	0,000356

Tabel 5.27 Rekapitulasi Nilai *Vertical* dan *Horizontal Strain* Alternatif 1

Titik Tinjau Pengulangan Beban	***Horizontal Strain* Pada Kedalaman 18,499 cm**	***Vertical Strain* Pada Kedalaman 18,499 cm**	***Vertical Strain* Pada Kedalaman 73,501 cm**
1	0,000228	0,000295	0,000236
2	0,000232	0,000248	0,000249
3	0,000228	0,000218	0,000252
Maksimum	0,000232	0,000295	0,000252

Tabel 5.28 Rekapitulasi Nilai *Vertical* dan *Horizontal Strain* Alternatif 2

Titik Tinjau Pengulangan Beban	***Horizontal Strain* Pada Kedalaman 6,499 cm**	***Vertical Strain* Pada Kedalaman 6,499 cm**	***Vertical Strain* Pada Kedalaman 46,501 cm**
1	0,000403	0,000696	0,000525
2	0,000356	0,000309	0,000572
3	0,000283	0,000106	0,000580

Lanjutan Tabel 5.28 Rekapitulasi Nilai *Vertical* dan *Horizontal Strain* Alternatif 2

Titik Tinjau Pengulangan Beban	*Horizontal Strain* Pada Kedalaman 6,499 cm	*Vertical Strain* Pada Kedalaman 6,499 cm	*Vertical Strain* Pada Kedalaman 46,501 cm
Maksimum	0,000403	0,000696	0,000580

Tabel 5.29 Rekapitulasi Nilai *Vertical* dan *Horizontal Strain* Alternatif 3

Titik Tinjau Pengulangan Beban	*Horizontal Strain* Pada Kedalaman 4,999 cm	*Vertical Strain* Pada Kedalaman 4,999 cm	*Vertical Strain* Pada Kedalaman 35,001 cm
1	0,000188	0,000383	0,000588
2	0,000170	0,000133	0,000626
3	0,000141	0,000133	0,000628
Maksimum	0,000188	0,000383	0,000628

Tabel 5.30 Rekapitulasi Nilai *Vertical* dan *Horizontal Strain* Alternatif 4

Titik Tinjau Pengulangan Beban	*Horizontal Strain* Pada Kedalaman 4,999 cm	*Vertical Strain* Pada Kedalaman 4,999 cm	*Vertical Strain* Pada Kedalaman 81,001 cm
1	0,000381	0,000664	0,000197
2	0,000339	0,000288	0,00028
3	0,000225	0,000288	0,000211
Maksimum	0,000381	0,000664	0,000211

Berdasarkan data pada Tabel 5.26 hingga Tabel 5.30, diperoleh nilai regangan vertikal pada bagian bawah lapisan permukaan dan lapisan pondasi. Nilai regangan tersebut digunakan sebagai parameter utama dalam analisis potensi kerusakan perkerasan lentur dan bentuk kontrol dalam meprediksi umur pelayanan jalan yang mencakup *fatigue cracking, rutting,* dan *permanent deformation*. Kontrol yang akan dilakukan yakni dengan menghitung nilai *Nf, Nr,* dan *Nd* dengan menggunakan Persamaan 3.5 hingga 3.7. Contoh perhitungan nilai *Nf, Nr,* dan *Nd* pada desain eksisting dapat dilihat dibawah ini.

1. Perhitungan untuk Desain Eksisting

   a. Kerusakan *Fatigue Cracking*

   $N_f = 0{,}0769\ (\varepsilon t)^{-3{,}921}\ |E|^{-0{,}854}$

   $N_f = 0{,}0769 \times 0{,}000326^{-3{,}921} \times 1.200.000^{-0{,}854}$

   $N_f = 23.984.004{,}08$ *ESAL*

   b. Kerusakan *Rutting*

   $N_r = 1{,}365 \times 10^{-9} \times (\varepsilon c)^{-4{,}477}$

   $N_r = 1{,}365 \times 10^{-9} \times 0{,}000446^{-4{,}477}$

   $N_r = 1.363.807{,}51$ *ESAL*

   c. Kerusakan *Permanent Deformation*

   $N_d = 1{,}365 \times 10^{-9} \times (\varepsilon c)^{-4{,}477}$

   $N_d = 1{,}365 \times 10^{-9} \times 0{,}000356^{-4{,}477}$

   $N_d = 3.738.119{,}79$ *ESAL*

Berdasarkan hasil analisis menggunakan program *KENPAVE*, diperoleh jumlah repitisi beban yang dihitung melalui parameter tegangan dan regangan pada setiap lapisan perkerasan. Nilai tersebut menjadi dasar evaluasi kinerja stuktur perkerasan terhadap beban lalu lintas yang bekerja. Berikut merupakan rincian dari hasil analisis *KENLAYER* disajikan pada Tabel 5.31 dan Tabel 5.32.

Tabel 5.31 Hasil Analisis Repitisi Beban Eksisting dan Bina Marga 2024

Kondisi Desain	***CESA5* 20 Tahun (N)**	**Repitisi Beban (*ESAL*)**		**Analisis Beban Lalu Lintas**
Eksisting	2.891.728,565 *ESAL*	*Nf*	23.984.004,08	*Nf > N (yes)*
	2.891.728,565 *ESAL*	*Nr*	1.363.807,51	*Nr > N (no)*
	2.891.728,565 *ESAL*	*Nd*	3.738.119,79	*Nd > N (yes)*
Alternatif 1	2.891.728,565 *ESAL*	*Nf*	91.710.129,17	*Nf > N (yes)*
	2.891.728,565 *ESAL*	*Nr*	8.757.449,93	*Nr > N (yes)*
	2.891.728,565 *ESAL*	*Nd*	17.748.068,90	*Nd > N (yes)*
Alternatif 2	2.891.728,565 *ESAL*	*Nf*	10.489.058,40	*Nf > N (yes)*
	2.891.728,565 *ESAL*	*Nr*	186.779,79	*Nr > N (no)*
	2.891.728,565 *ESAL*	*Nd*	423.259,69	*Nd > N (no)*

Tabel 5. 32 Hasil Analisis Repitisi Beban Bina Marga 2024 *CESA4*

Kondisi Desain	***CESA4* 20 Tahun (N)**	**Repitisi Beban (*ESAL*)**		**Analisis Beban Lalu Lintas**
Alternatif 3	2.130.854,043 *ESAL*	*Nf*	207.689.153,51	*Nf > N (yes)*
	2.130.854,043 *ESAL*	*Nr*	2.714.409,18	*Nr > N (yes)*
	2.130.854,043 *ESAL*	*Nd*	295.153,68	*Nd > N (no)*
Alternatif 4	2.130.854,043 *ESAL*	*Nf*	13.019.424,70	*Nf > N (yes)*
	2.130.854,043 *ESAL*	*Nr*	230.762,28	*Nr > N (no)*
	2.130.854,043 *ESAL*	*Nd*	9.737.756,03	*Nd > N (yes)*

Berdasarkan hasil pemodelan, nilai repitisi beban yang dapat ditahan oleh struktur perkerasan eksisting, yaitu *Nf, Nr,* dan *Nd*, secara umum dibandingkan dengan nilai repetisi lalu lintas kumulatif (*N*) yang direncanakan. Keterengan (*yes*) menunjukkan bahwa kapasitas struktur dalam menahan repetisi beban telah melampaui kebutuhan lalu lintas rencana, yaitu sebesar 2.891.728,565 *ESAL* (CESA5) dan 2.130.854,043 *ESAL* (CESAL4), sehingga parameter tersebut dinyatakan memenuhi kriteria desain. Sebaliknya, keterangan (*no*.) menunjukkan bahwa kapasitas struktur belum mampu mencapai nilai repitisi beban lalu lintas yang direncanakan, sehingga parameter tersebut belum memenuhi persyaratan umur layan. Hasil analisis terhadap Alternatif 2 hingga Alternatif 4 menunjukkan bahwa parameter *rutting* dan *permanent deformation* masih memiliki nilai repitisi beban (*Nr* dan *Nd*) yang lebih rendah dibandingkan beban lalu lintas rencana. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa ketahanan struktur terhadap kedua mekanisme kerusakan tersebut belum memenuhi kriteria desain. Meskipun demikian, parameter *fatigue cracking* pada seluruh alternatif telah memenuhi kebutuhan umur layan yang direncanakan. Sementara itu, Alternatif 1 telah memenuhi seluruh kriteria desain yang ditunjukkan dengan keterangan (*yes*) pada parameter *Nf, Nr*, dan *Nd.* Namun struktur yang dihasilkan cenderung mengalami *overdesign* karena nilai kapasitas terhadap masing-masing mekanisme kerusakan jauh lebih besar dibandingkan kebutuhan beban lalu lintas rencana. Berdasarkan kondisi tersebut, diperukan modifkasi terhadap desain Alternatif l hingga Alternatif 4 dengan melakukan penyesuaian terhadap konfigurasi dan ketebalan lapisan

perkerasan. Modifikasi ini bertujuan untuk memperoleh struktur yang mampu memenuhi umur rencana 20 tahun secara kebih proporsional, sekaligus mengurangi potensi *overdesign*. Selain itu, pengembangan desain diarahkan untuk meningkatkan kemampuan struktur dalam menahan kerusakan *rutting* dan *permanent deformation*, sehingga diperoleh konfigurasi perkerasan yang memenuhi seluruh kriteria kinerja secara optimal dan efisien.

Perbedaan hasil desain yang diperoleh tidak terlepas dari variasi parameter input pada program *KENLAYER*, seperti besarnya beban roda, modulus elastisitas lapisan, nilai *poisson's rasio*, ketebalan lapisan perkerasan, serta lokasi titik analisis tegangan dan regangan. Perubahan pada parameter-parameter tersebut mempengaruhi respons mekanistik struktur perkerasan yang ditunjukan melalui nilai tegangan, regangan, dan lendutan. Respons tersebut selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi potensi kerusakan dan memperkirakan umur layan perkerasan. Dengan demikian, proses pemilihan desain alternatif yang optimal menjadi aspek penting dalam menghasilkan struktur perkerasan yang efektif, aman, dan mampu melayani beban lalu lintas sesuai umur rencana yang ditetapkan.

5.4 Alternatif Tebal Struktur Perkerasan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis mekanistik menggunakan program *KENPAVE* yang mengacu pada MDPJ 2024, struktur perkerasan eksisting digunakan sebagai acuan dalam proses evaluasi. Melalui pendekatan tersebut, dilakukan perancangan ulang dengan menyusun tiga alternatif desain yang menggunakan kombinasi material berbeda. Tujuan dari pengembangan desain ini adalah untuk memperoleh nilai parameter kriteria yang memenuhi persyaratan, khususnya terhadap ketahanan *fatigue cracking* (*Nf*), *rutting* (*Nr*), dan *permanent deformation* (*Nd*). Perbedaan antara ketiga alternatif terletak pada jenis material dan konfigurasi lapisan perkerasan yang digunakan, sehingga menghasilkan respons struktural yang berbeda terhadap beban lalu lintas. Berikut ini merupakan rencana desain alternatif dan analisis tebal struktur perkerasannya.

1. Alternatif 1(A)

   AC-WC = 40 mm

AC-BC = 120 mm

LFA Kelas A = 250 mm

LFA Kelas C = 200 mm

2. Alternatif 2(A)

HRS-WC = 40 mm

AC-BC = 90 mm

HRS-Base = 60 mm

LFA Kelas A = 200 mm

LFA Kelas B = 200 mm

3. Alternatif 3(A)

AC-WC = 40 mm

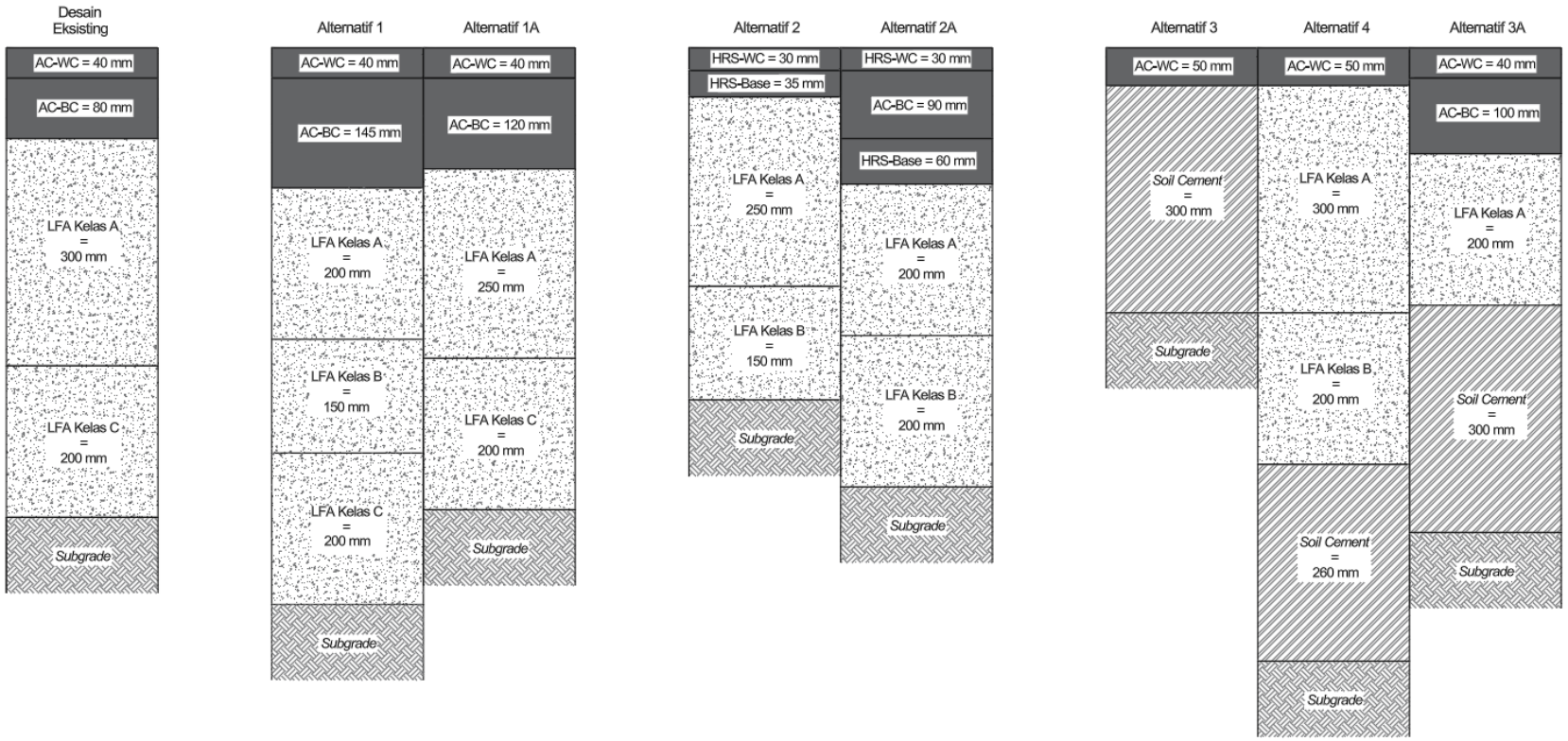
AC-BC = 100 mm

LFA Kelas A = 200 mm

Soil Cement = 300 mm

Hasil analisis terhadap Alternatif 1 hingga 4 berdasarkan ketentuan MDPJ 2024 menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi lapisan, LFA dan *Soil Cement*, belum sepenuhnya mampu untuk meningkatkan kinerja struktur kondisi eksisting, sehingga perlu ditambahkan struktur lapisan baru seperti AC-BC dan pengondisian struktur lapis fondasi di setiap alternatif untuk mengoptimalkan kinerja struktur perkerasan dibanding kondisi eksisting. berdasarkan hasil analisis menggunakan *KENPAVE*, nilai *Nr* dan *Nd* pada keempat alternatif masih ada yang berada dibawah nilai *CESA4* dan *CESA5*, sehingga kerusakan berupa alur diperkirakan akan terjadi sebelum tercapainya umur rencana 20 tahun. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa distribusi beban pada struktur perkerasan belum sepenuhnya efektif dalam mengurangi regangan vertikal pada lapisan kritis.

Untuk mengatasi hal tersebut dibuat opsi pengembangan tanpa mengubah susunan lapis secara keseluruhan. Ilustrasi perbandingan masing-masing desain dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Perbandingan Tebal Perkerasan Eksisting dan Desain Alternatif

Setelah menentukan ketebalan tiap masing-masing desain alternatif, tahapan selanjutnya adalah melakukan proses analisis menggunakana *KENPAVE*. Proses ini dijalankan melalui *KENLAYER* untuk menghitung parameter tegangan dan regangan yang terjadi pada lapisan perkerasan. Hasil perhitungan analisis tersebut kemudian dirangkum dan disajikan pada Tabel 5.33 hingga Tabel 5.35

Tabel 5.33 Rekapitulasi Nilai *Vertical* dan *Horizontal Strain* Alternatif 1(A)

Titik Tinjau Pengulangan Beban	***Horizontal Strain* Pada Kedalaman 15,999 cm**	***Vertical Strain* Pada Kedalaman 15,999 cm**	***Vertical Strain* Pada Kedalaman 71,001 cm**
1	0,000265	0,000347	0,000316
2	0,000260	0,000271	0,000338
3	0,000257	0,000224	0,000342
Maksimum	0,000265	0,000347	0,000342

Tabel 5.34 Rekapitulasi Nilai *Vertical* dan *Horizontal Strain* Alternatif 2(A)

Titik Tinjau Pengulangan Beban	***Horizontal Strain* Pada Kedalaman 18,999 cm**	***Vertical Strain* Pada Kedalaman 18,999 cm**	***Vertical Strain* Pada Kedalaman 59,001 cm**
1	0,000244	0,000328	0,000318
2	0,000249	0,000280	0,000341
3	0,000245	0,000248	0,000345
Maksimum	0,000249	0,000328	0,000345

Tabel 5.35 Rekapitulasi Nilai *Vertical* dan *Horizontal Strain* Alternatif 3(A)

Titik Tinjau Pengulangan Beban	***Horizontal Strain* Pada Kedalaman 13,999 cm**	***Vertical Strain* Pada Kedalaman 13,999 cm**	***Vertical Strain* Pada Kedalaman 64,001 cm**
1	0,000276	0,000375	0,000248
2	0,000270	0,000265	0,000266
3	0,000258	0,000196	0,000269
Maksimum	0,000276	0,000375	0,000269

Pemodelan kinerja beban lalu lintas untuk desain Alternatif 1(A), Alternatif 2(A), dan Alternatif 3(A). Dianalisis melalui aplikasi *KENPAVE*, sedangkan hasil perhitungan disajikan pada Tabel 5.36 dan Tabel 5.37.

Tabel 5.36 Hasil Analisis Repitisi Beban Desain Optimum *CESA5*

Kondisi Desain	***CESA5* 20 Tahun (N)**	**Repitisi Beban (*ESAL*)**		**Analisis Beban Lalu Lintas**
Alternatif 1(A)	2.891.728,565 *ESAL*	*Nf*	54.490.089,54	*Nf > N (yes)*
	2.891.728,565 *ESAL*	*Nr*	4.208.018,04	*Nr > N (yes)*
	2.891.728,565 *ESAL*	*Nd*	4.484.658,09	*Nd > N (yes)*
Alternatif 2(A)	2.891.728,565 *ESAL*	*Nf*	69.259.390,29	*Nf > N (yes)*
	2.891.728,565 *ESAL*	*Nr*	5.436.815,85	*Nr > N (yes)*
	2.891.728,565 *ESAL*	*Nd*	4.335.188,90	*Nd > N (yes)*

Tabel 5.37 Hasil Analisis Repitisi Beban Desain Optimum *CESA4*

Kondisi Desain	***CESA4* 20 Tahun (N)**	**Repitisi Beban (*ESAL*)**		**Analisis Beban Lalu Lintas**
Alternatif 3(A)	2.130.854,043 *ESAL*	*Nf*	45.987.291,27	*Nf > N (yes)*
	2.130.854,043 *ESAL*	*Nr*	2.983.669,79	*Nr > N (yes)*
	2.130.854,043 *ESAL*	*Nd*	13.069.008,33	*Nd > N (yes)*

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa Alterantif 1(A), Alternatif 2(A), dan Alternatif 3(A) merupakan desain perkerasan yang paling optimal di antara seluruh alternatif yang dianalisis. Nilai repetisi beban yang diperoleh untuk parameter *Nf*, *Nr, Nd* pada ketiga alternatif tersebut telah malampaui kebutuhan lalu lintas kumulatif *CESA4* dan *CESA5* yang memiliki nilai sebesar 2,1 juta ESAL dan 2,8 juta ESAL. Dengan demikian, struktur perkerasan yang dirancang diperkirakan mampu mempertahankan kinerjanya hingga akhir umur rencana 20 tahun tanpa mengalami kerusakan yang melampaui batas desain. Capaian tersebut mengindikasikan bahwa ketiga alternatif tidak hanya memenuhi kriteria struktural yang dipersyaratkan, tetapi juga memiliki tingkat realibilitas yang baik berdasarkan evaluasi mekanistik-empiris terhadap potensi kerusakan perkerasan.

5.5 Nilai Umur Layan

Hasil perhitungan kerusakan dari analisis *KENPAVE* dimanfaatkan untuk menhitung nilai umur layan perkerasan selama umur rencana. Analisis ini dihitung menggunakan Persamaan 3.10. Berikut merupakan contoh perhitungan pada desain Eksisting.

$CESAL_{Fatigue\ C.}$ = Σ(LHR x VDF) x 365 x DD x DL x $\frac{(1+0{,}01\ x\ i)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ i}$

23.984.004,08 = [16.917 x 0 x 365 x 1 x 0,5 x $\frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}$] +

[6.267 x 0 x 365 x 1 x 0,5 x $\frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}$] +

[37 x 0 x 365 x 1 x 0,5 x $\frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}$] +

[73 x 0 x 365 x 1 x 0,5 x $\frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}$] +

[86 x 0 x 365 x 1 x 0,5 x $\frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}$] +

[53 x 1,3 x 365 x 1 x 0,5 x $\frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}$] +

[67 x 0,4 x 365 x 1 x 0,5 x $\frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}$] +

[82 x 0,7 x 365 x 1 x 0,5 x $\frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}$] +

[41 x 3,6 x 365 x 1 x 0,5 x $\frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}$] +

[0 x 9,8 x 365 x 1 x 0,5 x $\frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}$] +

[0 x 19,2 x 365 x 1 x 0,5 x $\frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}$]

23.984,004,08 = [12.574,25 x $\frac{(1{,}1022)^{UR}-1}{0{,}1022}$] +

[4.672 x $\frac{(1{,}1022)^{UR}-1}{0{,}1022}$] +

[10.475,5 x $\frac{(1{,}1022)^{UR}-1}{0{,}1022}$] +

[26.937 x $\frac{(1{,}1022)^{UR}-1}{0{,}1022}$] +

23.984,004,08 = $((1{,}1022)^{UR}-1)$ x (123.035,7 + 45.713,3 + 102.500 + 263.571,4)

23.984,004,08 = $((1{,}1022)^{UR}-1)$ x 534.820,4

44,8449 $= ((1{,}1022)^{UR}-1)$

45,8449 $= (1{,}1022)^{UR}$

UR $= {}^{1{,}1022}\log 45{,}8449$

UR = 39,30 Tahun → 39 Tahun

$CESAL_{Rutting.} = \Sigma(\text{LHR x VDF}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \frac{(1+0{,}01\ x\ i)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ i}$

$1.363.807{,}51 = [16.917 \times 0 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}] +$

$[6.267 \times 0 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}] +$

$[37 \times 0 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}] +$

$[73 \times 0 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}] +$

$[86 \times 0 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}] +$

$[53 \times 1{,}3 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}] +$

$[67 \times 0{,}4 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}] +$

$[82 \times 0{,}7 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}] +$

$[41 \times 3{,}6 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}] +$

$[0 \times 9{,}8 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}] +$

$[0 \times 19{,}2 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\ x\ 10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\ x\ 10{,}22}]$

$1.363.807{,}51 = [12.574{,}25 \times \frac{(1{,}1022)^{UR}-1}{0{,}1022}] +$

$[4.672 \times \frac{(1{,}1022)^{UR}-1}{0{,}1022}] +$

$[10.475{,}5 \times \frac{(1{,}1022)^{UR}-1}{0{,}1022}] +$

$[26.937 \times \frac{(1{,}1022)^{UR}-1}{0{,}1022}] +$

$1.363.807{,}51 = ((1{,}1022)^{UR}-1) \times (123.035{,}7 + 45.713{,}3 + 102.500 + 263.571{,}4)$

$1.363.807{,}51 = ((1{,}1022)^{UR}-1) \times 534.820{,}4$

$3{,}54 = ((1{,}1022)^{UR}-1)$

3,54 $= (1{,}1022)^{UR}$

UR $= {}^{1{,}1022}\log 3{,}54$

UR = 12,99 Tahun → 13 Tahun

$CESAL_{Deform.} = \Sigma(\text{LHR x VDF}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \frac{(1+0{,}01\,x\,i)^{UR}-1}{0{,}01\,x\,i}$

3.738.119,79 $= [16.917 \times 0 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\,x\,10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\,x\,10{,}22}] +$

$[6.267 \times 0 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\,x\,10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\,x\,10{,}22}] +$

$[37 \times 0 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\,x\,10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\,x\,10{,}22}] +$

$[73 \times 0 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\,x\,10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\,x\,10{,}22}] +$

$[86 \times 0 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\,x\,10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\,x\,10{,}22}] +$

$[53 \times 1{,}3 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\,x\,10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\,x\,10{,}22}] +$

$[67 \times 0{,}4 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\,x\,10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\,x\,10{,}22}] +$

$[82 \times 0{,}7 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\,x\,10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\,x\,10{,}22}] +$

$[41 \times 3{,}6 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\,x\,10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\,x\,10{,}22}] +$

$[0 \times 9{,}8 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\,x\,10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\,x\,10{,}22}] +$

$[0 \times 19{,}2 \times 365 \times 1 \times 0{,}5 \times \frac{(1+0{,}01\,x\,10{,}22)^{UR}-1}{0{,}01\,x\,10{,}22}]$

3.738.119,79 $= [12.574{,}25 \times \frac{(1{,}1022)^{UR}-1}{0{,}1022}] +$

$[4.672 \times \frac{(1{,}1022)^{UR}-1}{0{,}1022}] +$

$[10.475{,}5 \times \frac{(1{,}1022)^{UR}-1}{0{,}1022}] +$

$[26.937 \times \frac{(1{,}1022)^{UR}-1}{0{,}1022}] +$

3.738.119,79 $= ((1{,}1022)^{UR}-1) \times (123.035{,}7 + 45.713{,}3 + 102.500 + 263.571{,}4)$

3.738.119,79 $= ((1{,}1022)^{UR}-1) \times 534.820{,}4$

7,96 $= ((1{,}1022)^{UR}-1)$

7,96 $= (1{,}1022)^{UR}$

UR $= {}^{1,1022}\log 7{,}96$

UR = 21,31 Tahun → 21 Tahun

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan hasil perhitungan umur layan untuk $RL_{Fatigue}$, $RL_{Rutting}$, dan $RL_{Deformation}$ untuk setiap kondisi. Rekapitulasi nilai umur layan untuk desain eksisting dan alternatif dapat dilihat pada Tabel 5.38

Tabel 5.38 Rekapitulasi Nilai Umur Layan

Jenis Perkerasan	Umur Layan (tahun)		
	Fatigue Cracking	***Rutting***	***Permanent Deformation***
Eksisting	39	13	21
Alternatif 1 (LFA)	52	29	36
Alternatif 2 (HRS)	31	3	6
Alternatif 3 (*Soil Cement*)	64	20	6
Alternatif 4 (*Improve Soil Cement*)	36	5	33
Alternatif 1(A) LFA	48	22	23
Alternatif 2(A) HRS	50	25	23
Alternatif 3(A) *Soil Cement*	48	22	36

Berdasarkan hasil analisis umur layan yang disajikan pada tabel, Alternatif 1(A), 2(A), dan 3(A) menunjukkan kinerja yang secara signifikan lebih baik dibandingkan struktur perkerasan eksisting. pada kondisi eksisting kerusakan *rutting* telah mulai terjadi pada tahun ke-13 masa pelayanan, sedangkan untuk *Fatigue Cracking* dan *Permanent Deformation* telah sesuai dengan umur yang direncanakan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa struktur perkerasan eksisting belum cukup mampu mengakomodasi beban lalu lintas secara memadai hingga mencapai umur rencanan, sehingga diperlukan alternatif desain dengan kapasitas struktural yang lebih baik.

Hasil analisis menunjukkan bahwa Alternatif 1(A), 2(A), dan 3(A) mampu mempertahankan kinerja struktur hingga melampaui umur rencana 20 tahun. Nilai umur layan untuk parameter *fatigue* tertinggi terdapat pada Alternatif 2(A) yaitu sampai tahun ke-50, sedangkan kerusakan *rutting* dan *permanent deformation* baru mendekati kondisi kritis pada periode tahun ke-22 hingga tahun ke-36. Temuan ini

menunjukkan bahwa Alternatif 1(A), 2(A), dan 3(A) tidak hanya memenuhi persyaratan umur rencana yang ditetapkan, tetapi juga memiliki cadangan umur layan yang cukup besar, sehingga memberikan tingkat keandalan yang lebih tinggi terhadap beban lalu lintas yang bekerja.

5.6 Pembahasan

Analisis struktur perkerasan lentur pada Ruas Jalan Gondanglegi – Sp.Balekambang dengan metode mekanistik empiris menghasilkan *output* sebagai berikut.

5.6.1 Perbandingan Tebal Desain Perkerasan Eksisting, Desain Metode Bina Marga 2024, dan Desain Optimal

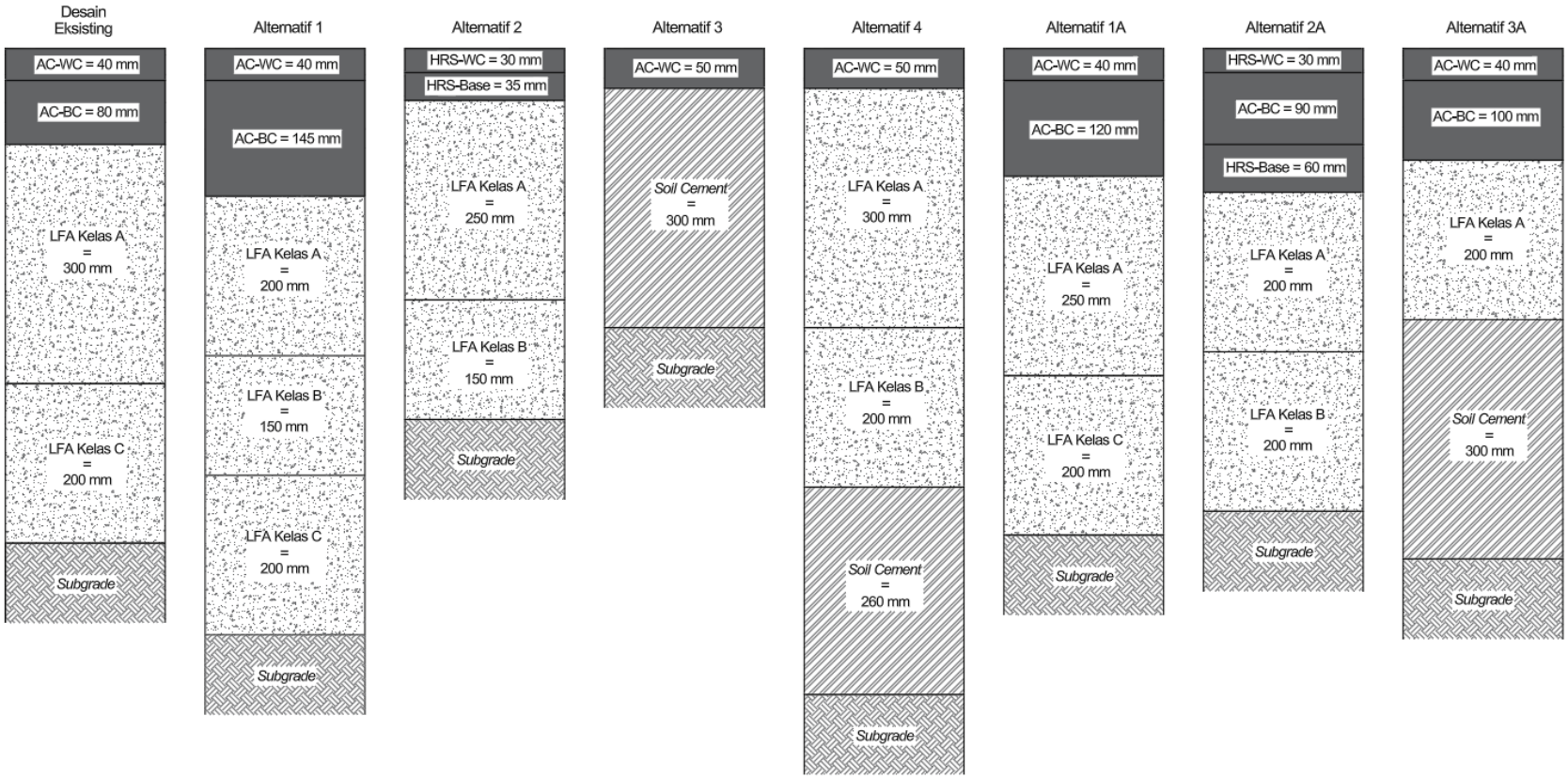
Tebal perkerasan eksisting pada Ruas Jalan Gondanglegi-Balekambang diperoleh dari Dokumen Proyek Lot 16A Gondanglegi – Balekambang, Kabupaten Malang, yang terdiri dari lapisan *AC-WC* setebal 4 cm, *AC-BC* setebal 8 cm, Lapis Fondasi Agregat (LFA) Kelas A setebal 30 cm, dan Lapis Fondasi Agregat (LFA) Kelas C setebal 20 cm. Berdasarkan hasil evaluasi, struktur perkerasan tersebut belum sepenuhnya mampu memberikan kinerja yang memadai karena indikasi penurunan kondisi perkerasan terjadi lebih cepat dibandingkan umur layan yang diharapkan, kondisi ini menunjukkan bahwa kapasitas struktur yang ada sudah tidak seimbang dengan besarnya beban lalu lintas yang dilayani saat ini, sehingga diperlukan kajian ulang terhadap desain perkerasan untuk meningkatkan keandalannya dalam jangka panjang.

Perancangan ulang dilakukan dengan mengacu pada Manual Desain perkerarasan Jalan (MDPJ) 2024 yang menerapkan pendekatan mekanistik-empiris. Dalam metode ini beberapa parameter utama yang digunakan meliputi Lalu Lintas Harian Rerata (LHR), Vehicle Damage Factor (VDF), faktor distribusi arah (DD), dan faktor distribusi lajur (DL). Parameter-parameter tersebut digunakan untuk menghitung nilai *Cumulative Equivalent Standard Axle* (*CESA*) selama umur rencana 20 tahun. Nilai *CESA* yang diperoleh selanjutnya menjadi dasar dalam menentukan kebutuhan tebal lapisan perkerasan untuk setiap alternatif desain. Hasil perhitungan menghasilkan empat alternatif struktur perkerasan dengan variasi

kombinasi material berupa *AC-WC, AC-Base, HRS-WC, HRS Base*, Lapis Fondasi Agregat (LFA) Kelas A, B, dan C serta Lapis Fondasi yang menggunakan *Soil Cement*. Berdasarkan hasil menggunakan MDPJ 2024, diperoleh variasi ketebalan struktur yang berbeda pada setiap alternatif. Sturktur eksisting memiliki total tebal 62 cm, sedangkan alternatif yang dirancang menunjukkan rentang ketebalan antara 35 cm hingga 85 cm. Perbedaan ketebalan antara alternatif dipengaruhi oleh karakteristik metode MDPJ 2024 yang lebih responsi terhadap perubahan beban lalu lintas dan kondisi tanah dasar dibandingkan metode sebelumnya. Peningkatan nilai *CESA* akan berbanding lurus dengan kebutuhan ketebalan lapisan perkerasan yang direkomendasikan. Dengan demikian pendekatan terbaru ini mampu menghasilkan desain yang lebih representatif terhadap kondisi lapangan sekaligus memberikan peluang untuk melakukan optimasi struktur perkerasan. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Nasution dan Fauziah (2024) yang dimana pendekatan viskoelastik dengan pedoman terbaru menghasilkan prediksi kerusakan yang lebih akurat terhadap kondisi nyata jalan. Hasil Widhiatmoko dan Fauziah (2024) menemukan bahwa MDPJ 2024 menghasilkan ketebalan yang berbeda secara signfikan dibandingkan MDPJ 2017, khususnya pada Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA, sehingga menguatkan bahwa metode baru lebih sensitif terhadap variasi lalu lintas dan tanah dasr. Selain itu studi Zuasri dan Fauziah (2024) turut mempertegas bahwa alternatif desain dengan metode 2024 memberikan data tahan lebih baik terhadap lalu lintas jangka panjang, meskiput berpotensi menghasilkan ketebalan yang lebih besar dibanding metode lama. Dengan demikian, pembahasan ini konsisten dengan literatur bahwa meskipun MDPJ 2024 berpotensi menimbulkan kecendrungan *overdesign,* metode ini tetap memberikan dasar yang lebih kuat untuk menghasilkan desain modifikasi yang lebih optimal. Rincian ketebalan setiap lapisan pada kondisi eksiting maupun seluruh alternatif desain dapat dilihat pada Tabel 5.39 dan Gambar 5.6.

Tabel 5. 39 Rekapitulasi Tebal Desain Lapis Perkerasan

Lapis Perkerasan	Desain Tebal Perkerasan (mm)								
	Jenis Perkerasan	Eksisting	Bina Marga 2024				Desain Optimum		
			Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4	Alt. 1(A)	Alt. 2(A)	Alt. 3(A)
			Fondasi Agregat	HRS	*Soil Cement*	*Improve Soil Cement*	Modifikasi *AC-BC* dan LFA	Modifikasi AC-BC	Modifikasi *AC-BC* dan LFA
Surface	*AC-WC*	40	40	-	50	50	40	-	40
	HRS-WC	-	-	30	-	-	-	30	-
	AC-BC	80	145	-	-	-	120	90	100
Base	*HRS-Base*	-	-	35	-	-	-	60	-
Subbase	LFA A	300	200	250	-	300	250	200	200
	LFA B	-	150	150	-	200	-	200	-
	LFA C	200	200	-	-	-	200	-	-
	Soil Cement	-	-	-	300	260	-	-	300



Gambar 5. 6 Perbandingan Tebal Perkerasan Desain Eksisting , Desain Bina Marga, dan Desain Optimum

Walaupun seluruh alternatif yang dirancang menunjukkan peningkatan kemampuan struktural dibanding perkerasan eksisting, beberapa diantaranya masih mengindikasikan terjadi *overdesign*, khususnya pada penggunaan lapisan LFA dan *Soil Cement* dengan ketebalan yang cukup besar. Kondisi tersebut menyebabkan kebutuhan material konstruksi menjadi lebih tinggi sehingga berpotensi meningkatnya biaya pelaksanaan tanpa memberikan peningkatan kinerja yang signfikan terhadap umur layan. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan penyempurnaan desain melalui pengembangan Alternatif 1(A), 2(A), dan 3(A) dengan melalukan penyesuaian terhadap ketebalan beberapa lapisan perkerasan. Hasil modifikasi menunjukkan bahwa ketiga alternatif tersebut mampu menghasilkan struktur yang lebih efisien dari sisi penggunaan materia sekaligus tetap memenuhi rencana selama 20 tahun. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan MDPJ 2024 tidak hanya mampu mengidentifikasi keterbatasan kinerja struktur perkerasan eksisting, tetapi juga dapat digunakana sebagai dasar dalam merumuskan desain alternatif yang lebih efektif untuk mendukung perencanaan perkerasan berkelanjutan.

5.6.2 Nilai Tegangan, Regangan Maksimum dan Prediksi Kerusakan Perkerasan Eksisting, Desain Bina Marga 2024, dan Desain Optimal

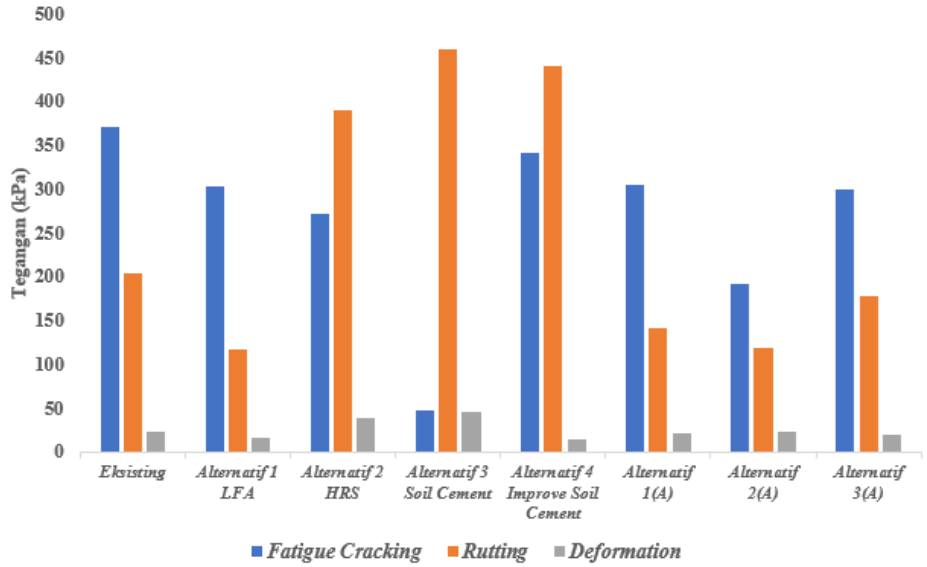
Berdasarkan hasil rekapitulasi distribusi tegangan dan regangan maksimum pada setiap alternatif desain, terlihat adanya perbedaan respons struktural yang cukup signifikan terhadap potensi kerusakan berupa *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation*. Pada analisis *fatigue cracking*, seluruh alternatif desain menunjukkan kemampuan yang cukup baik dalam menahan kerusakan akibat beban lalu lintas berulang sehingga masih mampu memenuhi umur rencana yang ditetapkan. Struktur eksisting menghasilkan nilai tegangan sebesar 371,202 kPa dengan regangan sebesar 0,000326. Sementara itu, Alternatif 1 menghasilkan tegangan sebesar 303,193 kPa dan regangan sebesar 0,000232, Alternatif 2 sebesar 273,235 kPa dan 0,000403, Alternatif 3 sebesar 48,782 kPa dan 0,000188, serta Alternatif 4 sebesar 342,270 kPa dan 0,000381. Pada tahap optimasi, Alternatif 1(A), 2(A), dan 3(A) masing-masing menghasilkan nilai tegangan sebesar 304,764 kPa; 191,689 kPa; dan 299,994 kPa, dengan nilai regangan berturut-turut sebesar

0,000265; 0,000249; dan 0,000276. Nilai regangan yang relatif rendah pada alternatif hasil optimasi menunjukkan peningkatan kemampuan struktur dalam mengurangi potensi terjadinya retak lelah.

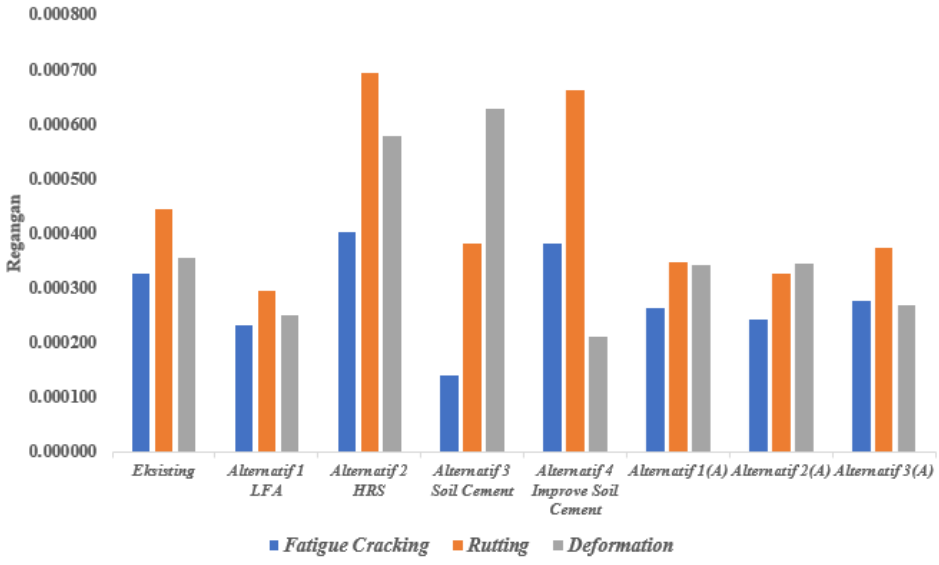
Dari aspek *rutting*, hasil analisis menunjukkan bahwa Alternatif 2 memiliki nilai tegangan dan regangan tertinggi, yaitu sebesar 390,904 kPa dan 0,000696. Kondisi ini mengindikasikan bahwa struktur tersebut memiliki kecenderungan lebih besar untuk mengalami deformasi permanen akibat pembebanan berulang. Sebaliknya, Alternatif 2(A) menunjukkan respons yang lebih baik dengan nilai tegangan sebesar 119,766 kPa dan regangan sebesar 0,000328. Selain itu, Alternatif 1(A) dan Alternatif 3(A) juga memperlihatkan performa yang baik dalam menahan kerusakan *rutting*, dengan nilai tegangan masing-masing sebesar 141,974 kPa dan 177,802 kPa serta nilai regangan sebesar 0,000347 dan 0,000375. Nilai tegangan dan regangan yang lebih rendah pada alternatif tersebut menunjukkan kemampuan struktur yang lebih baik dalam mendistribusikan beban ke lapisan di bawahnya sehingga potensi terjadinya alur permanen dapat diminimalkan.

Pada analisis *permanent deformation*, Alternatif 3(A) menunjukkan kinerja terbaik dibandingkan alternatif lainnya dengan nilai tegangan sebesar 19,658 kPa dan regangan sebesar 0,000269. Nilai tersebut mengindikasikan tingkat stabilitas struktur yang tinggi terhadap deformasi permanen. Rendahnya nilai tegangan dan regangan pada alternatif ini mencerminkan kemampuan lapisan perkerasan dalam menyebarkan beban secara lebih merata sehingga akumulasi deformasi yang terjadi selama masa pelayanan dapat diminimalkan. Secara keseluruhan, hasil perbandingan menunjukkan bahwa struktur eksisting dan beberapa alternatif awal masih memiliki respons yang relatif tinggi terhadap pembebanan berulang, khususnya pada mekanisme kerusakan *rutting*. Oleh karena itu, diperlukan upaya optimasi untuk memperoleh struktur perkerasan yang memiliki kinerja lebih baik terhadap berbagai jenis kerusakan. Berdasarkan hasil analisis, Alternatif 1(A), Alternatif 2(A), dan Alternatif 3(A) dapat dipertimbangkan sebagai alternatif yang paling layak karena menunjukkan performa yang lebih stabil dalam mengendalikan kerusakan *fatigue cracking*, *rutting*, maupun *permanent deformation* sesuai dengan umur rencana yang ditetapkan. Hubungan antara tegangan dan regangan maksimum

pada setiap alternatif dapat diamati secara lebih jelas pada grafik rekapitulasi tegangan-regangan maksimum, yang menggambarkan pola peningkatan kinerja struktur perkerasan setelah dilakukan proses optimasi pada Gambar 5.7 dan 5.8.



Gambar 5.7 Nilai Tegangan Maksimum Lapis Perkerasan



Gambar 5.8 Nilai Regangan Maksimum Lapis Perkerasan

Hubungan antara tegangan dan regangan menunjukkan kecendrungan yang searah, dimana peningkatan nilai tegangan akan diikuti oleh meningkatnya

regangan yang terjadi pada struktur perkerasan. Hasil analisis juga mengindikasikan bahwa konfigurasi ketebalan lapisan perkerasan serta karakteristik material penyusunnya memberikan pengaruh yang lebih dominan terhadap kinerja perkerasan dibandingkan pengaruh besarnya beban lalu lintas semata.

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan, struktur perkerasan eksisting masih belum memiliki kapasitas yang memadai dalam menahan repetisi beban lalu lintas. Hal ini ditunjukkan oleh nilai *Nr* yang masih lebih kecil dibandingkan nilai *CESA5*. Sehingga, hasil analisis umur layan menunjukkan bahwa desain eksisting belum mampu memenuhi target umur rencana selama 20 tahun, kerusakan yang pertama terjadi adalah *rutting* dengan nilai repitisi beban sebesar 1.363.807,51 *ESAL* sehingga menghasilkan umur layan sebesar 13 tahun yang dimana masih dibawah umur rencana. Kondisi tersebut dapat terjadi karena pertumbuhan dan akumulasi beban lalu lintas yang berlangsung secara berkelanjutan tidak diimbangi dengan kapasitas struktural perkerasan yang memadai untuk mempertahankan kinerja jalan dalam jangka panjang.

Untuk desain alternatif, beberapa dari desain tersebut masih belum terlihat adanya peningkatan yang signifikan pada kapasitas menahan beban. Alternatif 2 (*HRS*) memiliki nilai repetisi *fatigue* sebesar 10,4 juta, *rutting* sebesar 186 ribu, dan *deformation* sebesar 423 ribu. Alternatif 3 (*Soil Cement*) memiliki nilai repetisi *fatigue* sebesar 207,6 juta, *rutting* sebesar 2,7 juta, dan *deformation* sebesar 295 ribu. Alternatif 4 (*Improve Soil Cement*) memiliki nilai repetisi *fatigue* sebesar 13 juta, *rutting* sebesar 230 ribu, dan *deformation* sebesar 9,7 juta. Walaupun beberapa dari hasil alternatif telah melampaui nilai *CESA*, tetapi desain alternatif masih belum sepenuhnya mampu menahan kerusakan *rutting,* hasil ini berkaitan dengan penelitian Tolab dan Fauziah (2024) yaitu prediksi kerusakan menggunakan pendekatan viskoelastik mendapatkan hasil kerusakan awal yang terjadi adalah *rutting*. Sebaliknya, desain Alternatif 1 menunjukkan peningkatan yang signifikan pada kapasitas menahan beban, terlihat Alternatif 1(LFA) memiliki nilai repitisi *fatigue cracking* sebesar 91,7 juta, *rutting* sebesar 8,7 juta, dan *deformation* sebesar 17,7 juta. Namun, tebal perkerasan yang dihasilkan oleh Alternatif 1 cukup tebal

atau bisa dikatakan *overdesign* sehingga perlu dilakukan modifikasi pada tiap alternatif. Pada Alternatif 1(A), 2(A), dan 3(A) dilakukan penyesuaian tebal lapisan sehingga menghasilkan peningkatan nilai yang tidak hanya *rutting* saja tetapi meningkatkan nilai untuk *fatigue* dan *deformation* juga. Alternatif 1(A) memiliki nilai repetisi *fatigue* sebesar 54,4 juta, *rutting* sebesar 4,2 juta, dan *deformation* sebesar 4,4 juta. Alternatif 2(A) memiliki nilai repetisi *fatigue* sebesar 69,2 juta, *rutting* sebesar 5,4 juta, dan *deformation* sebesar 4,3 juta. Alternatif 3(A) memiliki nilai repetisi *fatigue* sebesar 45,9 juta, *rutting* sebesar 2,9 juta, dan *deformation* sebesar 13 juta. Hasil modifikasi tebal lapis ini berhasil melewati ambang batas *CESA* dan memenuhi syarat umur rencana 20 tahun.

Hasil ini memiliki keterkaitan erat dengan temuan penelitian sebelumnya. Widhiatmoko dan Fauziah (2024) membuktikan bahwa metode 2024 lebih sensitif terhadap variasi lalu lintas dan tanah dasar, yang konsisten dengan fenomena tingginya nilai rutting pada Alternatif 1 sebelum dilakukan modifikasi. Sementara itu, Zuasri dan Fauziah (2024) menekankan pentingnya pemilihan alternatif desain yang mampu menahan beban lalu lintas jangka panajng, yang sejalan dengan keberhasilan Alternatif 1(A) dalam mencapai keseimbangan antara ketahanan struktural dan efisiesi material. Perbandingan antar desain menunjukkan bahwa pendekatan viskoelastik mampu menggambarkan perilaku perkerasan secara lebih realistis karena mempertimbangkan karakteristik material aspal yang dipengaruhi oleh waktu dan temperatur. Melalui analsis ini, distribusi tegangan dan regangan pada struktur perkerasan dapat dievaluasi dengan lebih komprehensif, termasuk respons deformasi yang terjadi akibat pembebanan berulang dalam jangka panjang. Hasil analisis menunjukkan bahwa regangan tarik horizontal pada bagian bawah lapisan aspal tetap menjadi parameter penting dalam mengevaluasi potensi kerusakan *fatigue*, sedangkan regangan tekan vertikal pada permukaan tanah dasar berpengaruh terhadap terjadinya deformasi permanen dan *rutting*. Namun, dalam pendekatan viskoelastik, besarnya regangan yang terjadi juga dipengaruhi oleh durasi pembebanan dan sifat relaksasi material aspal sehingga respons struktu tidak bersifat linier seperti pada analisis elastik. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa mekanisme kerusakan awal yang dominan adalah *rutting* yang dipicu oleh

tingginya regangan vertikal pada area tanah dasar. Hasil tersebut berbeda dengan penelitian Ottu dkk. (2023) yang melaporkan bahwa kerusakan awal pada ruas Denggung-Wonorejo didominasi oleh *permanent deformation* akibat tingginya regangan pada lapisan bawah perkerasan. Perbedaan hasil tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan standar desain yang digunakan, yaitu MDPJ 2017 pada penelitian Ottu dkk. dan MDPJ 2024 pada penelitian ini, serta adanyan perbedaan pendekatan analisis yang digunakan dalam mengevaluasi respon mekanistik struktur perkerasan. Tabel rekapitulasi nilai tegangan dan regangan maksimum pada setiap desain dapat dilihat pada Tabel 5.46.

Tabel 5.40 Rekapitulasi Nilai Tegangan dan Regangan Maksimum pada Tiap Kondisi

Desain Perkerasan	***Fatigue Craking***		***Rutting***		***Permanent Deformation***	
	Tegangan (kPa)	**Regangan**	**Tegangan (kPa)**	**Regangan**	**Tegangan (kPa)**	**Regangan**
Eksisting	371,202	0,000326	204,162	0,000446	23,555	0,000356
Alternatif 1 (LFA)	303,193	0,000232	117,602	0,000295	16,55	0,000252
Alternatif 2 (HRS)	273,235	0,000403	390,904	0,000696	39,811	0,000580
Alternatif 3 (*Soil Cement*)	48,782	0,000188	460,237	0,000383	46,806	0,000628
Alternatif 4 (*Improve Soil Cement*)	342,27	0,000381	441,344	0,000664	15,248	0,000211
Alternatif 1(A)	304,764	0,000265	141,974	0,000347	22,698	0,000342
Alternatif 2(A)	191,689	0,000244	119,766	0,000328	23,106	0,000345
Alternatif 3(A)	299,994	0,000276	177,802	0,000375	19,658	0,000269

5.6.3 Perbandingan Nilai Umur Layan dari Sturktur Perkerasan Jalan dari Struktur Perkerasan Eksisting, Desain Bina Marga 2024, dan Desain Alternatif

Analisis umur sisa perkerasan pada Ruas Jalan Gondanglegi-Balekambang (STA 8+000 – STA 16+000) Kabupaten Malang, menggunakan acuan Persamaan 3.8. Berikut merupakan hasil rekapitulasi nilai umur layan pada Tabel 5.41.

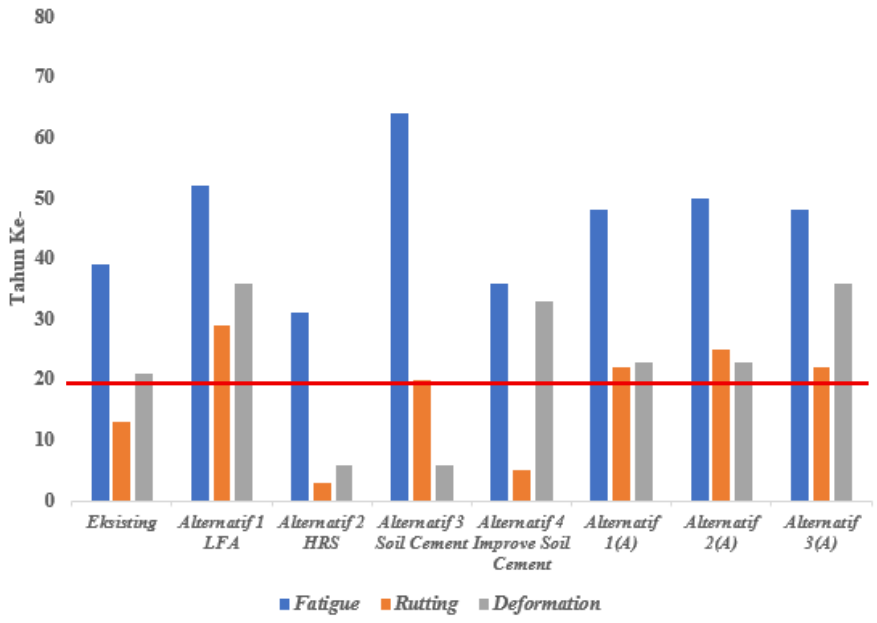
Tabel 5.41 Rekapitulasi Umur Layan Struktur Perkerasan

Jenis Perkerasan	Umur Layan (tahun)		
	Fatigue Cracking	***Rutting***	***Permanent Deformation***
Eksisting	39	13	21
Alternatif 1 (LFA)	52	29	36
Alternatif 2 (HRS)	31	3	6
Alternatif 3 (*Soil Cement*)	64	20	6
Alternatif 4 (*Improve Soil Cement*)	36	5	33
Alternatif 1(A) LFA	48	22	23
Alternatif 2(A) HRS	50	25	23
Alternatif 3(A) *Soil Cement*	48	22	36

Berdasarkan Tabel 5.41, struktur perkerasan eksisting masih mampu memenuhi umur rencana pada parameter *fatigue cracking* dan *permanent deformation*, namun belum memenuhi kriteria pada parameter *rutting*. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas struktur eksisting belum sepenuhnya mampu mengakomodasi beban lalu lintas selama umur rencana yang ditetapkan. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi dan pengembangan desain agar seluruh parameter kerusakan dapat memenuhi persyaratan umur layan secara bersamaan. Setiap alternatif yang dirancang menunjukkan karakteristik kinerja yang berbeda terhadap jenis kerusakan yang dianalisis. Alternatif 1 memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap tiap jenis kerusakan, tetapi masih meunjukkan indikasi *overdesign* pada alternatif tersebut. Alternatif 2 memperlihatkan ketahanan yang hanya mampu untuk menahan kerusakan *fatigue cracking*, sedangkan kerusakan *rutting* dan *deformation* menunjukkan kelemahan yang sangat signifikan yang dilihat dari umur

layan yang dihasilkan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa struktur pada Alternatif 2 masih rentan mengalami penurunan kinerja akibat akumulasi beban lalu lintas.

Alternatif 3 menunjukkan peningkatan performa yang cukup signifikan karena mampu memberikan ketahanan yang baik terhadap *fatigue* dan *rutting*. Meskipun demikian, umur layan yang dihasilkan pada parameter *permanent deformation* masih belum memenuhi target yang diharapkan. Sementara itu, Alternatif 4 memiliki kecendrungan yang sama dengan alternatif 3, yang dimana perbedaan dari alternatif tersebut yaitu kerusakan pertama yang terjadi terletak pada parameter *rutting* yang belum sepenuhnya mencapai umur rencana. Hasil evaluasi tersebut menunjukkan bahwa Alternatif 1 yang mampu memenuhi seluruh kriteria umur rencana, tetapi masih terindikasi *overdesign*. Sedangkan Alternatif 2 hingga Alternatif 4 belum mampu memenuhi seluruh kriteria umur rencana secara bersamaan. Oleh sebab itu, dilakukan modifikasi pada setiap alternatif melalui penyesuaian ketebalan lapisan dan kombinasi material yang digunakan. Modifikasi ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja struktur perkerasanvsehingga dapat memberikan ketahanan yang lebih seimbang terhadap fatigue cracking, rutting, dan permanent deformation serta memenuhi umur rencana yang telah ditetapkan.



Gambar 5.9 Perbandingan Umur Layan pada Masing-masing Perkerasan

Alternatif 1(A) menunjukkan kinerja yang masih cukup signifikan dibandingkan desain awalnya. Hal tersebut terlihat dari kemampuannya memenuhi target umur rencana 20 tahun tanpa mengalami kerusakan yang mengakibatkan kegagalan struktur sebelum periode desain berakhir dan *overdesign*. Sementara itu, Alternatif 2(A) dan Alternatif 3(A) menunjukkan kinerja yang cukp signifikan dari desain awalnya yang dimana hal tersebut ditunjukkan dari umur layan yang telah melampaui umur rencana yang telah ditetapkan. Di antara ketiga alternatif tersebut, Alternatif 2(A) mengalami peningkatan yang paling besar dibandingkan versi sebelumnya. Secara keseluruhan, Alternatif 1(A) dan Alternatif 2(A) dapat direkomendasikan sebagai desain yang paling optimal karena mampu memberikan keseimbangan yang baik terhadap berbagai mekanisme kerusakan, meliputi *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation*, tanpa menunjukkan indikasi *overdesign*. Struktur ini tidak hanya memiliki kapasitas yang memadai dalam menahan beban lalu lintas selama umur rencana, tetapi juga tetap efisien dalam penggunaan material. Namun Alternatif 1(A) dan Alternatif 2(A) memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing sehingga keduanya dapat dipertimbangkan sebagai desain rekomendasi. Alternatif 1(A) memiliki keunggulan dari sisi keseimbangan kinerja struktural dan efisiensi desain, karena mampu memenuhi umur rencana 20 tahun tanpa menghasilkan kapasitas yang berlebihan. Sementara itu, Alternatif 2(A) memberikan kapasitas struktural yang relatif lebih tinggi dengan umur layan *fatigue cracking* dan *rutting* yang lebih panjang dibandingkan Alternatif 1(A). Namun, penggunaan *HRS* pada Alternatif 2(A) perlu mempertimbangkan aspek ketersediaan material dan pelaksanaan di lapangan. Dengan demikian, Alternatif 1(A) dapat diperioritaskan sebagai desain utama, sedangkan Alternatif 2(A) dapat digunakan sebagai desian alternatif apabila diperlukan kapasitas struktural dan umur layan yang lebih tinggi. Hasil evaluasi ini tidak hanya memenuhi ketentuan teknis MDPJ 2024 tetapi juga selaras dengan prinsip efisiensi struktural dan keberlanjutan dalam rekayasa jalan. Temuan ini juga menguatkan Sugema dan Maulana (2024) yang menegaskan bahwa penerapan pendekatan MDPJ 2024 mampu menghasilkan desain perkerasan yang lebih rasional.

BAB VI
KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pada Ruas Jalan Gondanglegi-Balekambang, Kabupaten malang, Jawa Timur dengan metode Bina Marga 2024 yang dievaluasi menggunakan program *KENPAVE* diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa struktur erkerasan eksisting yang terdiri atas *AC-WC* 4 cm, *AC-BC* 8 cm, LFA Kelas A 30 cm, dan LFA Kelas C 20 cm belum mampu memenuhi umur rencana secara optimal karena kapasitasnya terhadap beban lalu lintas berulang masih terbatas. Berdasarkan perencanaan menggunakan MDPJ 2024, diperoleh beberapa alternatif desain, yaitu Alternatif 1 (LFA), Alternatif 2 (HRS), Alternatif 3 (Soil Cement), dan Alternatif 4 (Improve Soil Cement). Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sebagian alternatif masih mengalami *overdesign*, sementara alternatif lainnya belum mampu memenuhi seluruh kriteria umur rencana. Oleh karena itu, dilakukan optimasi melalui penyesuaian ketebalan lapisan perkerasan untuk meningkatkan kinerja sekaligus menghindari penggunaan material yang berlebihan. Hasil optimasi menghasilkan Alternatif 1(A), Alternatif 2(A), dan Alternatif 3(A), yang seluruhnya telah memenuhi kriteria kinerja terhadap *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation* serta mampu mencapai umur rencana 20 tahun tanpa terindikasi *overdesign*.
2. Struktur perkerasan eksisting dengan nilai tegangan sebesar 371,202 kPa dan regangan 0,000326 menunjukkan kemampuan yang cukup baik dalam menahan *fatigue cracking* dan *permanent deformation*, namun masih memiliki kerentanan terhadap *rutting* akibat tingginya regangan tekan. Pada desain alternatif awal, peningkatan kinerja belum terlihat secara signifikan, khususnya dalam mengendalikan *rutting*. Alternatif 1 (LFA) menunjukkan kemampu yang baik dalam menahan *fatigue cracking*, *rutting,* dan

permanent deformation, namun tebal struktur perkerasan dari Alternatif 1 terindikasi *overdesign.* Sedangkan, Alternatif 2 (*HRS*), dan Alternatif 4 (*Improve Soil Cement*) masih menghasilkan respons tegangan dan regangan yang relatif tinggi terhadap *rutting*, sedangkan Alternatif 3 (*Soil Cement*) menunjukkan potensi kerusakan awal berupa *permanent deformation*. Oleh karena itu, dilakukan optimasi ketebalan pada Alternatif 1(A), 2(A), dan 3(A). Hasil optimasi menunjukkan bahwa ketiga alternatif tersebut mampu meningkatkan kinerja struktur dengan pengendalian *rutting* yang lebih baik serta memberikan keseimbangan ketahanan terhadap *fatigue cracking* dan *permanent deformation* tanpa mengalami *overdesign*.

3. Perkerasan eksisting menunjukkan umur layan yang cukup baik terhadap *fatigue cracking* dan *permanent deformation*, namun kinerja terhadap *rutting* masih terbatas dengan umur layan hanya 13 tahun, sehingga belum mencapai umur rencana. Penerapan MDPJ 2024 pada desain alternatif mampu meningkatkan umur layan hingga memenuhi target 20 tahun, meskipun kinerjanya berbeda sesuai karakteristik masing-masing struktur. Alternatif 1(A) dan Alternatif 2(A) dapat direkomendasikan sebagai desain yang paling optimal karena mampu memberikan keseimbangan yang baik terhadap berbagai mekanisme kerusakan, meliputi *fatigue cracking*, *rutting*, dan *permanent deformation*, tanpa menunjukkan indikasi *overdesign*. Struktur ini tidak hanya memiliki kapasitas yang memadai dalam menahan beban lalu lintas selama umur rencana, tetapi juga tetap efisien dalam penggunaan material. Hasil tersebut menunjukkan bahwa modifikasi desain diperlukan untuk meningkatkan kinerja struktur eksisting secara optimal

6.2 Saran

1. Struktur perkerasan eksisting dengan ketebalan total 62 cm memerlukan penyesuaian desain berdasarkan alternatif yang mengacu pada ketentuan MDPJ 2024. Hasil analisis menunjukkan bahwa beberapa alternatif yang dikembangkan memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan kondisi eksisting. Namun, Alternatif 1(A) dan Alternatif 2(A) dapat dikategorikan

pilihan yang paling optimal karena mampu memenuhi umur rencana yang ditetapkan serta memberikan tingkat ketahanan yang lebih baik dan seimbang terhadap berbagai mekanisme kerusakan perkerasan. Namun penggunaan alternatif tersebut lebih direkomendasikan dengan mengikuti kondisi kebutuhan lapangan dan ketersedian material

2. Perlu dilakukan pengkajian lanjut terhadap ketebalan perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2024 dengan pendekatan elastik sehingga diperoleh perbandingan kinerja antara pendekatan elastik dan viskoelastik dalam menahan beban lalu lintas.
3. Disarankan adanya analisis tambahan yang mempertimbangkan perbandingan biaya pembangunan dengan ketebalan perkerasan yang diusulkan.

DAFTAR PUSTAKA

Arianto, R., & Fauziah, M. (2024). Kajian kinerja struktur perkerasan lentur dengan pendekatan elastik dan v iskoelastik pada Jalan Cipatujah – Kalapagenep – Pangandaran. The 6th Civil Engineering Research Forum. 3(2):58–68.

Direktorat Jenderal, B. K. (2024). *Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 No. 03/M/BM/2024.* Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jendral Bina Marga.

Hadi, M. A. (2024). Eksplorasi dampak perubahan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2017 ke 2024 menggunakan program KENPAVE. *Wahana Teknik Sipil, 29*(2), 416–427.

Hadi, M. A., & Fauziah M. (2022). Studi komparasi prediksi umur pelayanan antara campuran Superpave dan AC-WC menggunakan permodelan viskoelastik dan elastik. *Teknisia*, *27*(02), 71–82. https://doi.org/10.20885/teknisia.vol27.iss2.art1.

Hargiansyah, A. N., Indra Triana, M., & Hartatik, D. N. (2025). Analisis Metode MDPJ 2024 Dalam Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pada Ruas Jalan Serah-Tebuwung. *Seminar Nasional Inovasi Vokasi*, *4*(1), 1388–1398.

Huang, Y.H. 2004. Pavement Analysis and Design Second Edition. Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hall.

Sukirman, S. (1999). *Perkerasaan Lentur Jalan Raya*. Nova, Bandung.

Lia, N., & Mahardi, P. (2022). Evaluasi Kinerja Struktur Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Aplikasi Kenpave. Rekayasa Teknik Sipil. 4(2):1–10.

Nasution, H. A. M., & Fauziah, M. (2024). Analisis kerusakan perkerasan lentur dengan pedoman Bina Marga 2017 dan 2024 menggunakan metode viskoelastik di Jalan Peureulak, Aceh Timur. *Konferensi Nasional Inovasi Lingkungan Terbangun, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.*

Ottu, M. A., Ircham, & Anggorowati, V. D. A. (2023). Evaluasi perkerasan lentur menggunakan metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 pada Jalan Denggung–Wonorejo, Sleman. JUSTER: Jurnal Sains dan Terapan, 2(2). https://doi.org/10.57218/juster.v2i2.778

Panjogo, F., & Hadi, M. A. (2024). Evaluasi kerusakan jalan dan kinerja jalan menggunakan program KENPAVE dengan permodelan elastik dan viskoelastik pada ruas Jalan Klangon–Tempel Yogyakarta. *Wahana Teknik Sipil, 29*(2), 297–308.

Putra, J., & Tajudin, A. N. (2021). *Desain ulang dan analisis respons struktural perkerasan lentur pada Jalan Pantura ruas Tangerang–Serang*. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil, 4*(1), 23–32. https://doi.org/10.24912/jmts.v0i0.10496

Republik Indonesia. 2004. Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan. https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/40785/uu-no-38-tahun-2004

Satria, M. I. F. (2022). Analisis Perbandingan Desain Mekanistik-Empiris Struktur Perkerasan Lentur Dengan Pemodelan Elastik Dan Viskoelastik: Studi Kasus Pada Ruas Jalan Milir. Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan. 2(1). https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/38698

Sugema, R., & Maulana, R. (2024). Analisis Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Metode AASHTO 1993 dan MDP 2024 dalam Konteks Kebijakan Transportasi Berkelanjutan. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu Dan Aplikasi Teknik*. 23(02):112–118.

Sukirman, S. (2010). *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Nova, Bandung.

Suwanda, M.A, (2020), Analisis Perbandingan Desain Struktur Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Mekanistik Empiris Dengan Pemodelan Viskoelastik Dan Elastik Pada Ruas Jalan Tempel-Pakem Yogyakarta, Tugas Akhir, (Tidak Diterbitkan), Universitas Islam Indonesia.

Tolab, L. Z., dan Fauziah, M. (2024). Rekayasa Sipil Prediction of Damage and Remaining Life of Yogyakarta-Bawen Toll Road Pavement with Elastic and

Viscoelastic Approaches. *Rekaya Sipil*, *18*(02), 150–158. https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2024.018.02.12

Widhiatmoko, G., & Fauziah, M. (2024). Analisis perbandingan tebal perkerasan lentur dengan metode viskoelastik pada MDPJ 2017 dan MDP 2024 menggunakan Kenpave (Studi kasus: Ruas Jalan Tol Solo–Yogyakarta-NYIA Kulon Progo pada STA 02+00 – STA 07+500). *Konferensi Nasional Inovasi Lingkungan Terbangun, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.*

Zuasri, & Fauziah, M. (2024). Komparasi alternatif desain perkerasan lentur metode Bina Marga 2017 dan 2024 menggunakan Kenpave. *Konferensi Nasional Inovasi Lingkungan Terbangun, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.*

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Lalu Lintas Harian Rerata Ruas Jalan Gondanglegi Balekambang STA 8+000 – STA 16+000

GOL	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8
PUKUL	Sepeda Motor, Sekuter Sepeda Kumbang dan Roda 3	Sedan, Jeep, Station dan Taxi (Pribadi)	Opelet Pich-up, Suburban, Combi, Minibus (MPU dan Angkot)	Pich-up, Micro Truk Mobil Hantaran dan Truk Ban Belakang 1	Bus Kecil	Bus Besar	Truk/Box, Truk Tangki 2 Sumbu 3/4	Truk/Box, Truk Tangki 2 Sumbu	Truk/Box Truk Tangki 3 Sumbu	Truk/ Truk Tangki Gandeng	Truk Semi Treiler dan Truk Treiler	Kendaraan Tidak Bermotor dan Gerobak
Kelompok Jenis Kendaraan	MC	LV	LV	LV	MHV	LB	MHV	LT	LT	LT	LT	UM
Jumlah	9440	3502	20	40	47	29	37	45	22	0	0	35

Lampiran 2 Data Lalu Lintas Harian Rerata Ruas Jalan Kepanjen-Malang

Linkid	Nama Ruas	Nama Lintas	Tahun	ADT (jumlah kendaraan)												
				TOTAL	Veh1	Veh2	Veh3	Veh4	Veh5a	Veh5b	Veh6a	Veh6b	Veh7a	Veh7b	Veh7c	Veh8
28102	BTS. KOTA MALANG - KEPANJEN	Penghubung Lintas	2020	8074	29130	6461	840	1377	0	0	249	612	71	0	52	256
28102	BTS. KOTA MALANG - KEPANJEN	Penghubung Lintas	2024	16987.67	39443	10320	1054	2099	63	110	292	2362	315	186	187	87

Lampiran 3 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Eksisting dengan Pendekatan Viskoelastik

```
INPUT FILE NAME  -C:\Eksisting.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED =  1

TITLE -Kenpave Eksisting #1

MATL = 3 FOR VISCOELASTIC LAYERED SYSTEM
NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED
NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) =  1
NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) =  1
TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- =  0.001
NUMBER OF LAYERS (NL)------------- =  5
NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)------ =  7
LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- =  80
COMPUTING CODE (NSTD)------------- =  9
SYSTEM OF UNITS (NUNIT)------------=  1

Length and displacement in cm, stress and modulus in kPa
unit weight in kN/m^3, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4  8  30  20
POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0.4  0.4  0.35  0.35  0.45
VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE:  0  4  11.999  12.001  42  61.999
 62.001
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE :    1  1.100E+06   2  1.200E+06
   3  2.200E+05   4  1.310E+05   5  6.470E+04

LOAD GROUP NO. 1  HAS 2  CONTACT AREAS
CONTACT RADIUS (CR)--------------- =  11
CONTACT PRESSURE (CP)------------- =  550
NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- =  3
WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)------------------- =  0
WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)------------------- =  33

RESPONSE PT. NO. AND (XPT, YPT) ARE:  1   0.000   0.000  2   0.000  10.000
  3   0.000  16.500

DURATION OF MOVING LOAD (DUR) =  0
NUMBER OF VISCOELASTIC LAYER (NVL)         =  2
LAYER NUMBERS WHICH ARE VISCOELASTIC (LNV) =  1  2
CREEP TIMES (TYME) ARE: 0.001  0.003  0.01  0.03  0.1  0.3  1  3  10  30  100

FOR LAYER 1  TIME TEMPERATURE SHIFT FACTOR (BETA) =  0.113
REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) =  25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP. (TEMREF) OF 25  ARE:
  7.570E-10  2.269E-10  7.541E-09  2.244E-08  7.266E-08  2.010E-07  5.139E-07
  8.344E-07  9.089E-07  9.019E-07  9.091E-07

FOR LAYER 2  TIME TEMPERATURE SHIFT FACTOR (BETA) =  0.113
REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) =  25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP. (TEMREF) OF 25  ARE:
  6.939E-10  2.080E-09  6.913E-09  2.057E-08  6.660E-08  1.843E-07  4.710E-07
  7.649E-07  8.331E-07  8.333E-07  8.333E-07

PERIOD NO.  1   LOAD GROUP NO.  1
```

Lanjutan Lampiran 3 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Eksisting dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 0.001

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.01066	550.000	3639.179	72.791	3595.365
	(STRAIN)	1.598E-06	-2.136E-06	1.644E-06	-2.136E-06	1.598E-06
1	4.00000	0.01072	428.248	1788.169	419.071	1686.374
	(STRAIN)	5.985E-07	-7.251E-07	7.161E-07	-7.349E-07	6.082E-07
1	11.99900	0.01071	3.040	3.039	-5294.100	-4890.873
	(STRAIN)	-2.317E-06	2.829E-06	2.829E-06	-2.317E-06	-1.925E-06
1	12.00100	0.01071	3.039	3.068	0.887	0.922
	(STRAIN)	-2.317E-06	1.089E-05	1.107E-05	-2.317E-06	-2.102E-06
1	42.00000	0.01038	2.131	2.139	-0.761	-0.712
	(STRAIN)	-5.727E-06	1.202E-05	1.206E-05	-5.727E-06	-5.427E-06
1	61.99900	0.01005	1.850	1.853	-0.471	-0.443
	(STRAIN)	-7.365E-06	1.656E-05	1.659E-05	-7.365E-06	-7.077E-06
1	62.00100	0.01005	1.850	1.856	0.659	0.668
	(STRAIN)	-7.365E-06	1.933E-05	1.945E-05	-7.365E-06	-7.169E-06

TIME = 0.003

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.01138	550.000	7500.521	72.791	7407.741
	(STRAIN)	9.935E-07	-1.337E-06	1.023E-06	-1.337E-06	9.935E-07
1	4.00000	0.01146	311.304	314.493	-4404.946	-4018.165
	(STRAIN)	-6.633E-07	8.348E-07	8.358E-07	-6.633E-07	-5.405E-07
1	11.99900	0.01143	3.691	3.691	-3192.124	-2942.959
	(STRAIN)	-4.194E-06	5.112E-06	5.112E-06	-4.194E-06	-3.469E-06
1	12.00100	0.01143	3.690	3.735	0.631	0.705
	(STRAIN)	-4.195E-06	1.458E-05	1.485E-05	-4.195E-06	-3.741E-06
1	42.00000	0.01101	2.444	2.454	-1.140	-1.075
	(STRAIN)	-7.374E-06	1.462E-05	1.468E-05	-7.374E-06	-6.978E-06
1	61.99900	0.01062	2.089	2.093	-0.685	-0.650
	(STRAIN)	-9.083E-06	1.950E-05	1.954E-05	-9.083E-06	-8.721E-06
1	62.00100	0.01062	2.089	2.096	0.655	0.666
	(STRAIN)	-9.083E-06	2.305E-05	2.320E-05	-9.083E-06	-8.840E-06

TIME = 0.01

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.02080	550.000	2394.958	83.925	2318.467
	(STRAIN)	1.001E-05	-1.358E-05	1.081E-05	-1.358E-05	1.001E-05
1	4.00000	0.02109	431.631	1277.364	419.133	1185.936
	(STRAIN)	3.694E-06	-4.138E-06	4.791E-06	-4.270E-06	3.826E-06
1	11.99900	0.02104	15.323	15.325	-3649.815	-3270.955
	(STRAIN)	-1.623E-05	1.924E-05	1.924E-05	-1.623E-05	-1.256E-05
1	12.00100	0.02104	15.324	15.624	3.079	3.375
	(STRAIN)	-1.623E-05	5.891E-05	6.075E-05	-1.623E-05	-1.441E-05
1	42.00000	0.01943	8.165	8.245	-5.194	-4.799
	(STRAIN)	-2.909E-05	5.288E-05	5.337E-05	-2.909E-05	-2.667E-05
1	61.99900	0.01811	6.248	6.274	-3.492	-3.273
	(STRAIN)	-3.467E-05	6.570E-05	6.596E-05	-3.467E-05	-3.241E-05
1	62.00100	0.01811	6.248	6.296	1.125	1.190
	(STRAIN)	-3.467E-05	8.014E-05	8.120E-05	-3.467E-05	-3.322E-05

Lanjutan Lampiran 3 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Eksisting dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 0.03

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.02746	550.000	2017.599	153.633	1957.873
	(STRAIN)	2.445E-05	-3.224E-05	2.632E-05	-3.224E-05	2.445E-05
1	4.00000	0.02793	436.113	1026.769	422.081	945.862
	(STRAIN)	7.779E-06	-7.794E-06	1.076E-05	-8.235E-06	8.220E-06
1	11.99900	0.02780	31.149	31.157	-2800.620	-2453.444
	(STRAIN)	-3.768E-05	4.387E-05	4.387E-05	-3.768E-05	-2.768E-05
1	12.00100	0.02780	31.147	31.913	4.894	5.759
	(STRAIN)	-3.769E-05	1.234E-04	1.281E-04	-3.769E-05	-3.238E-05
1	42.00000	0.02475	13.894	14.111	-10.127	-9.165
	(STRAIN)	-5.390E-05	9.350E-05	9.483E-05	-5.390E-05	-4.800E-05
1	61.99900	0.02252	9.769	9.831	-6.669	-6.158
	(STRAIN)	-6.072E-05	1.087E-04	1.093E-04	-6.072E-05	-5.546E-05
1	62.00100	0.02252	9.769	9.884	1.065	1.214
	(STRAIN)	-6.072E-05	1.343E-04	1.369E-04	-6.072E-05	-5.738E-05

TIME = 0.1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.03515	550.000	1391.989	162.758	1314.942
	(STRAIN)	5.036E-05	-6.685E-05	5.819E-05	-6.685E-05	5.036E-05
1	4.00000	0.03601	445.217	781.059	430.707	717.533
	(STRAIN)	1.544E-05	-1.078E-05	2.338E-05	-1.226E-05	1.692E-05
1	11.99900	0.03569	62.407	62.459	-1923.335	-1637.249
	(STRAIN)	-8.614E-05	9.901E-05	9.901E-05	-8.614E-05	-5.947E-05
1	12.00100	0.03569	62.404	64.056	6.781	9.475
	(STRAIN)	-8.616E-05	2.552E-04	2.653E-04	-8.616E-05	-6.963E-05
1	42.00000	0.03015	22.224	22.751	-17.730	-15.510
	(STRAIN)	-9.211E-05	1.531E-04	1.563E-04	-9.211E-05	-7.849E-05
1	61.99900	0.02667	14.096	14.228	-11.169	-10.075
	(STRAIN)	-9.635E-05	1.640E-04	1.654E-04	-9.635E-05	-8.508E-05
1	62.00100	0.02667	14.096	14.340	0.659	0.979
	(STRAIN)	-9.636E-05	2.048E-04	2.102E-04	-9.636E-05	-8.919E-05

TIME = 0.3

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04238	550.000	1168.329	292.415	1122.344
	(STRAIN)	1.081E-04	-1.254E-04	1.211E-04	-1.254E-04	1.081E-04
1	4.00000	0.04321	458.351	603.106	443.219	561.154
	(STRAIN)	2.441E-05	-2.613E-07	4.047E-05	-4.520E-06	2.867E-05
1	11.99900	0.04254	106.125	106.321	-1246.728	-1037.585
	(STRAIN)	-1.611E-04	1.879E-04	1.880E-04	-1.611E-04	-1.072E-04
1	12.00100	0.04254	106.124	108.541	7.333	13.717
	(STRAIN)	-1.612E-04	4.450E-04	4.599E-04	-1.612E-04	-1.220E-04
1	42.00000	0.03403	30.302	31.232	-25.102	-21.101
	(STRAIN)	-1.302E-04	2.098E-04	2.155E-04	-1.302E-04	-1.057E-04
1	61.99900	0.02947	17.622	17.837	-15.064	-13.254
	(STRAIN)	-1.272E-04	2.096E-04	2.118E-04	-1.272E-04	-1.086E-04
1	62.00100	0.02947	17.622	18.014	0.212	0.750
	(STRAIN)	-1.272E-04	2.629E-04	2.717E-04	-1.272E-04	-1.152E-04

Lanjutan Lampiran 3 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Eksisting dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04969	550.000	982.383	440.285	958.024
	(STRAIN)	1.999E-04	-1.726E-04	2.174E-04	-1.726E-04	1.999E-04
1	4.00000	0.05007	475.872	484.637	429.762	474.089
	(STRAIN)	3.007E-05	5.695E-05	6.326E-05	2.378E-05	5.567E-05
1	11.99900	0.04868	162.670	163.140	-723.175	-593.204
	(STRAIN)	-2.596E-04	3.245E-04	3.248E-04	-2.596E-04	-1.739E-04
1	12.00100	0.04868	162.668	165.135	7.247	18.796
	(STRAIN)	-2.597E-04	6.940E-04	7.092E-04	-2.597E-04	-1.888E-04
1	42.00000	0.03699	37.450	38.770	-30.995	-24.967
	(STRAIN)	-1.628E-04	2.572E-04	2.653E-04	-1.628E-04	-1.259E-04
1	61.99900	0.03157	20.396	20.685	-17.888	-15.367
	(STRAIN)	-1.508E-04	2.438E-04	2.468E-04	-1.508E-04	-1.248E-04
1	62.00100	0.03157	20.395	20.923	0.010	0.775
	(STRAIN)	-1.508E-04	3.061E-04	3.179E-04	-1.508E-04	-1.336E-04

TIME = 3

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.05345	550.000	812.199	440.285	795.387
	(STRAIN)	2.456E-04	-1.692E-04	2.653E-04	-1.692E-04	2.456E-04
1	4.00000	0.05390	486.875	488.653	393.052	420.197
	(STRAIN)	2.671E-05	1.342E-04	1.363E-04	2.462E-05	5.633E-05
1	11.99900	0.05182	197.665	198.297	-495.171	-402.352
	(STRAIN)	-3.163E-04	4.256E-04	4.263E-04	-3.163E-04	-2.169E-04
1	12.00100	0.05182	197.638	199.800	8.125	22.271
	(STRAIN)	-3.164E-04	8.466E-04	8.598E-04	-3.164E-04	-2.296E-04
1	42.00000	0.03841	40.874	42.365	-33.287	-26.211
	(STRAIN)	-1.770E-04	2.781E-04	2.872E-04	-1.770E-04	-1.336E-04
1	61.99900	0.03261	21.700	22.024	-18.972	-16.108
	(STRAIN)	-1.606E-04	2.585E-04	2.618E-04	-1.606E-04	-1.311E-04
1	62.00100	0.03261	21.700	22.288	0.058	0.935
	(STRAIN)	-1.606E-04	3.244E-04	3.376E-04	-1.606E-04	-1.410E-04

TIME = 10

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.05414	550.000	785.086	440.285	769.357
	(STRAIN)	2.538E-04	-1.650E-04	2.738E-04	-1.650E-04	2.538E-04
1	4.00000	0.05461	488.611	489.999	386.549	411.627
	(STRAIN)	2.531E-05	1.534E-04	1.552E-04	2.354E-05	5.545E-05
1	11.99900	0.05237	204.145	204.803	-458.140	-371.289
	(STRAIN)	-3.262E-04	4.463E-04	4.470E-04	-3.262E-04	-2.249E-04
1	12.00100	0.05237	204.116	206.208	8.446	22.987
	(STRAIN)	-3.262E-04	8.745E-04	8.873E-04	-3.262E-04	-2.370E-04
1	42.00000	0.03866	41.459	42.978	-33.629	-26.375
	(STRAIN)	-1.793E-04	2.815E-04	2.908E-04	-1.793E-04	-1.348E-04
1	61.99900	0.03279	21.927	22.256	-19.139	-16.217
	(STRAIN)	-1.622E-04	2.610E-04	2.644E-04	-1.622E-04	-1.321E-04
1	62.00100	0.03279	21.926	22.524	0.078	0.975
	(STRAIN)	-1.622E-04	3.274E-04	3.408E-04	-1.622E-04	-1.421E-04

Lanjutan Lampiran 3 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Eksisting dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 30

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.05412	550.000	787.969	440.285	772.142
	(STRAIN)	2.533E-04	-1.657E-04	2.733E-04	-1.657E-04	2.533E-04
1	4.00000	0.05459	488.462	489.856	385.748	410.818
	(STRAIN)	2.474E-05	1.527E-04	1.544E-04	2.298E-05	5.463E-05
1	11.99900	0.05234	203.961	204.620	-458.047	-371.203
	(STRAIN)	-3.262E-04	4.461E-04	4.469E-04	-3.262E-04	-2.249E-04
1	12.00100	0.05234	203.933	206.026	8.359	22.902
	(STRAIN)	-3.262E-04	8.739E-04	8.867E-04	-3.262E-04	-2.370E-04
1	42.00000	0.03864	41.430	42.947	-33.615	-26.369
	(STRAIN)	-1.792E-04	2.813E-04	2.906E-04	-1.792E-04	-1.347E-04
1	61.99900	0.03278	21.914	22.243	-19.130	-16.211
	(STRAIN)	-1.621E-04	2.608E-04	2.642E-04	-1.621E-04	-1.321E-04
1	62.00100	0.03278	21.914	22.511	0.077	0.972
	(STRAIN)	-1.621E-04	3.272E-04	3.406E-04	-1.621E-04	-1.421E-04

TIME = 100

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.05414	550.000	785.030	440.285	769.282
	(STRAIN)	2.538E-04	-1.649E-04	2.738E-04	-1.649E-04	2.538E-04
1	4.00000	0.05461	488.616	490.005	386.532	411.595
	(STRAIN)	2.530E-05	1.535E-04	1.552E-04	2.354E-05	5.544E-05
1	11.99900	0.05237	204.162	204.821	-458.037	-371.202
	(STRAIN)	-3.262E-04	4.463E-04	4.471E-04	-3.262E-04	-2.249E-04
1	12.00100	0.05237	204.134	206.226	8.447	22.989
	(STRAIN)	-3.263E-04	8.745E-04	8.874E-04	-3.263E-04	-2.370E-04
1	42.00000	0.03866	41.461	42.979	-33.630	-26.376
	(STRAIN)	-1.793E-04	2.815E-04	2.908E-04	-1.793E-04	-1.348E-04
1	61.99900	0.03280	21.928	22.256	-19.139	-16.217
	(STRAIN)	-1.622E-04	2.610E-04	2.644E-04	-1.622E-04	-1.321E-04
1	62.00100	0.03279	21.927	22.525	0.078	0.975
	(STRAIN)	-1.622E-04	3.274E-04	3.408E-04	-1.622E-04	-1.421E-04

TIME = 0.001

2	0.00000	0.01065	550.000	3616.726	69.905	3579.913
	(STRAIN)	1.594E-06	-2.126E-06	1.633E-06	-2.126E-06	1.594E-06
2	4.00000	0.01073	269.014	1724.506	250.661	1653.673
	(STRAIN)	6.343E-07	-8.137E-07	7.288E-07	-8.332E-07	6.538E-07
2	11.99900	0.01072	3.070	3.070	-5290.701	-4717.293
	(STRAIN)	-2.363E-06	2.780E-06	2.780E-06	-2.363E-06	-1.806E-06
2	12.00100	0.01072	3.070	3.072	0.902	0.991
	(STRAIN)	-2.363E-06	1.094E-05	1.095E-05	-2.363E-06	-1.817E-06
2	42.00000	0.01038	2.165	2.166	-0.782	-0.743
	(STRAIN)	-5.817E-06	1.227E-05	1.227E-05	-5.817E-06	-5.583E-06
2	61.99900	0.01005	1.870	1.871	-0.485	-0.466
	(STRAIN)	-7.456E-06	1.682E-05	1.682E-05	-7.456E-06	-7.258E-06
2	62.00100	0.01005	1.870	1.871	0.660	0.669
	(STRAIN)	-7.456E-06	1.966E-05	1.967E-05	-7.456E-06	-7.273E-06

Lanjutan Lampiran 3 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Eksisting dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  0.003
  2       0.00000    0.01138     550.000    7443.911      69.904    7363.604
          (STRAIN)   9.888E-07  -1.328E-06   1.014E-06  -1.328E-06   9.888E-07
  2       4.00000    0.01148     179.262     181.328   -4128.161   -3183.188
          (STRAIN)  -6.642E-07   7.041E-07   7.047E-07  -6.642E-07  -3.641E-07
  2      11.99900    0.01146       3.728       3.728   -3214.334   -2881.078
          (STRAIN)  -4.292E-06   5.079E-06   5.079E-06  -4.292E-06  -3.321E-06
  2      12.00100    0.01146       3.728       3.731       0.640       0.794
          (STRAIN)  -4.292E-06   1.466E-05   1.468E-05  -4.292E-06  -3.343E-06
  2      42.00000    0.01103       2.487       2.488      -1.167      -1.117
          (STRAIN)  -7.487E-06   1.494E-05   1.494E-05  -7.487E-06  -7.180E-06
  2      61.99900    0.01064       2.114       2.114      -0.701      -0.677
          (STRAIN)  -9.190E-06   1.981E-05   1.982E-05  -9.190E-06  -8.942E-06
  2      62.00100    0.01064       2.114       2.115       0.657       0.668
          (STRAIN)  -9.190E-06   2.344E-05   2.347E-05  -9.190E-06  -8.961E-06


TIME =  0.01
  2       0.00000    0.02096     550.000    2423.390      84.075    2371.109
          (STRAIN)   1.032E-05  -1.383E-05   1.087E-05  -1.383E-05   1.032E-05
  2       4.00000    0.02131     272.416    1206.518     242.098    1152.411
          (STRAIN)   4.001E-06  -4.970E-06   4.892E-06  -5.290E-06   4.321E-06
  2      11.99900    0.02125      15.505      15.505   -3622.809   -3066.246
          (STRAIN)  -1.661E-05   1.860E-05   1.860E-05  -1.661E-05  -1.122E-05
  2      12.00100    0.02125      15.500      15.517       3.198       4.062
          (STRAIN)  -1.661E-05   5.888E-05   5.898E-05  -1.661E-05  -1.131E-05
  2      42.00000    0.01960       8.421       8.433      -5.341      -5.013
          (STRAIN)  -2.972E-05   5.473E-05   5.480E-05  -2.972E-05  -2.771E-05
  2      61.99900    0.01824       6.377       6.381      -3.577      -3.422
          (STRAIN)  -3.521E-05   6.737E-05   6.741E-05  -3.521E-05  -3.361E-05
  2      62.00100    0.01824       6.377       6.385       1.136       1.201
          (STRAIN)  -3.521E-05   8.226E-05   8.243E-05  -3.521E-05  -3.374E-05


TIME =  0.03
  2       0.00000    0.02806     550.000    2227.090     166.229    2125.719
          (STRAIN)   2.622E-05  -3.534E-05   2.940E-05  -3.534E-05   2.622E-05
  2       4.00000    0.02837     276.816     949.949     232.727     916.214
          (STRAIN)   8.559E-06  -1.014E-05   1.100E-05  -1.153E-05   9.944E-06
  2      11.99900    0.02826      31.374      31.374   -2753.182   -2220.513
          (STRAIN)  -3.862E-05   4.157E-05   4.157E-05  -3.862E-05  -2.328E-05
  2      12.00100    0.02826      31.372      31.402       5.165       7.636
          (STRAIN)  -3.863E-05   1.222E-04   1.224E-04  -3.863E-05  -2.346E-05
  2      42.00000    0.02508      14.507      14.541     -10.491      -9.659
          (STRAIN)  -5.545E-05   9.794E-05   9.815E-05  -5.545E-05  -5.035E-05
  2      61.99900    0.02276      10.057      10.067      -6.874      -6.505
          (STRAIN)  -6.199E-05   1.125E-04   1.126E-04  -6.199E-05  -5.819E-05
  2      62.00100    0.02276      10.057      10.075       1.078       1.234
          (STRAIN)  -6.199E-05   1.392E-04   1.396E-04  -6.199E-05  -5.849E-05


TIME =  0.1
  2       0.00000    0.03595     550.000    1456.275     166.229    1380.188
          (STRAIN)   5.313E-05  -7.036E-05   6.087E-05  -7.036E-05   5.313E-05
  2       4.00000    0.03680     285.352     703.088     211.986     693.758
          (STRAIN)   1.730E-05  -1.773E-05   2.476E-05  -2.520E-05   2.381E-05
  2      11.99900    0.03654      61.544      61.544   -1841.501   -1360.167
          (STRAIN)  -8.805E-05   8.939E-05   8.939E-05  -8.805E-05  -4.317E-05
  2      12.00100    0.03654      61.541      61.553       7.269      14.570
          (STRAIN)  -8.807E-05   2.450E-04   2.450E-04  -8.807E-05  -4.326E-05
  2      42.00000    0.03075      23.577      23.660     -18.567     -16.534
          (STRAIN)  -9.573E-05   1.629E-04   1.634E-04  -9.573E-05  -8.326E-05
  2      61.99900    0.02709      14.676      14.697     -11.616     -10.800
          (STRAIN)  -9.908E-05   1.719E-04   1.721E-04  -9.908E-05  -9.068E-05
  2      62.00100    0.02709      14.676      14.715       0.667       1.012
          (STRAIN)  -9.908E-05   2.149E-04   2.158E-04  -9.908E-05  -9.134E-05
```

Lanjutan Lampiran 3 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Eksisting dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 0.3

2	0.00000	0.04374	550.000	1219.714	275.410	1110.790
	(STRAIN)	1.031E-04	-1.320E-04	1.337E-04	-1.320E-04	1.031E-04
2	4.00000	0.04417	296.294	576.558	180.090	504.324
	(STRAIN)	2.816E-05	-1.801E-05	6.086E-05	-5.070E-05	4.053E-05
2	11.99900	0.04367	99.664	99.669	-1134.638	-729.760
	(STRAIN)	-1.627E-04	1.558E-04	1.558E-04	-1.627E-04	-5.820E-05
2	12.00100	0.04367	99.662	99.713	7.764	24.735
	(STRAIN)	-1.627E-04	4.012E-04	4.015E-04	-1.627E-04	-5.856E-05
2	42.00000	0.03493	32.569	32.714	-26.564	-22.678
	(STRAIN)	-1.367E-04	2.262E-04	2.270E-04	-1.367E-04	-1.129E-04
2	61.99900	0.03006	18.532	18.566	-15.803	-14.406
	(STRAIN)	-1.317E-04	2.221E-04	2.224E-04	-1.317E-04	-1.174E-04
2	62.00100	0.03006	18.531	18.595	0.202	0.796
	(STRAIN)	-1.317E-04	2.790E-04	2.805E-04	-1.317E-04	-1.184E-04

TIME = 1

2	0.00000	0.05064	550.000	905.564	346.870	814.557
	(STRAIN)	1.611E-04	-1.753E-04	2.266E-04	-1.753E-04	1.612E-04
2	4.00000	0.05059	308.064	508.103	146.903	365.615
	(STRAIN)	3.981E-05	1.184E-05	1.558E-04	-1.041E-04	5.325E-05
2	11.99900	0.04970	140.231	140.491	-605.150	-298.668
	(STRAIN)	-2.552E-04	2.363E-04	2.365E-04	-2.552E-04	-5.313E-05
2	12.00100	0.04970	140.228	141.340	6.855	38.702
	(STRAIN)	-2.553E-04	5.632E-04	5.700E-04	-2.553E-04	-5.985E-05
2	42.00000	0.03814	40.546	40.746	-33.082	-26.858
	(STRAIN)	-1.725E-04	2.793E-04	2.806E-04	-1.725E-04	-1.343E-04
2	61.99900	0.03230	21.607	21.653	-18.905	-16.890
	(STRAIN)	-1.570E-04	2.604E-04	2.609E-04	-1.570E-04	-1.363E-04
2	62.00100	0.03230	21.606	21.691	-0.020	0.842
	(STRAIN)	-1.570E-04	3.276E-04	3.295E-04	-1.570E-04	-1.377E-04

TIME = 3

2	0.00000	0.05408	550.000	729.514	346.870	659.691
	(STRAIN)	1.912E-04	-1.742E-04	2.728E-04	-1.742E-04	1.912E-04
2	4.00000	0.05374	313.925	484.302	133.759	308.102
	(STRAIN)	4.616E-05	5.760E-05	2.566E-04	-1.529E-04	5.080E-05
2	11.99900	0.05251	160.528	161.686	-390.148	-141.659
	(STRAIN)	-3.046E-04	2.851E-04	2.864E-04	-3.046E-04	-3.845E-05
2	12.00100	0.05251	160.521	163.597	6.797	47.287
	(STRAIN)	-3.046E-04	6.387E-04	6.576E-04	-3.046E-04	-5.614E-05
2	42.00000	0.03967	44.299	44.519	-35.650	-28.097
	(STRAIN)	-1.882E-04	3.024E-04	3.038E-04	-1.882E-04	-1.418E-04
2	61.99900	0.03341	23.050	23.101	-20.115	-17.787
	(STRAIN)	-1.677E-04	2.771E-04	2.776E-04	-1.677E-04	-1.438E-04
2	62.00100	0.03341	23.049	23.144	0.020	1.019
	(STRAIN)	-1.677E-04	3.483E-04	3.505E-04	-1.677E-04	-1.454E-04

TIME = 10

2	0.00000	0.05470	550.000	701.949	346.870	635.636
	(STRAIN)	1.964E-04	-1.710E-04	2.808E-04	-1.710E-04	1.964E-04
2	4.00000	0.05429	314.906	480.603	131.895	298.946
	(STRAIN)	4.731E-05	6.934E-05	2.802E-04	-1.635E-04	4.903E-05
2	11.99900	0.05298	163.931	165.401	-356.722	-118.673
	(STRAIN)	-3.128E-04	2.945E-04	2.962E-04	-3.128E-04	-3.511E-05
2	12.00100	0.05298	163.924	167.519	6.907	48.836
	(STRAIN)	-3.128E-04	6.507E-04	6.728E-04	-3.128E-04	-5.551E-05
2	42.00000	0.03994	44.933	45.157	-36.034	-28.246
	(STRAIN)	-1.907E-04	3.062E-04	3.075E-04	-1.907E-04	-1.429E-04
2	61.99900	0.03361	23.299	23.351	-20.303	-17.921
	(STRAIN)	-1.695E-04	2.798E-04	2.804E-04	-1.695E-04	-1.449E-04
2	62.00100	0.03361	23.298	23.395	0.039	1.062
	(STRAIN)	-1.695E-04	3.518E-04	3.539E-04	-1.695E-04	-1.466E-04

Lanjutan Lampiran 3 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Eksisting dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  30
  2       0.00000    0.05467     550.000     704.657     346.870     637.953
          (STRAIN)   1.960E-04  -1.715E-04   2.802E-04  -1.715E-04   1.960E-04
  2       4.00000    0.05428     314.697     480.461     131.810     298.438
          (STRAIN)   4.719E-05   6.881E-05   2.781E-04  -1.621E-04   4.828E-05
  2      11.99900    0.05296     163.811     165.275    -356.795    -118.938
          (STRAIN)  -3.128E-04   2.946E-04   2.963E-04  -3.128E-04  -3.527E-05
  2      12.00100    0.05296     163.804     167.387       6.826      48.741
          (STRAIN)  -3.128E-04   6.505E-04   6.724E-04  -3.128E-04  -5.561E-05
  2      42.00000    0.03993      44.901      45.124     -36.019     -28.240
          (STRAIN)  -1.906E-04   3.060E-04   3.073E-04  -1.906E-04  -1.429E-04
  2      61.99900    0.03360      23.285      23.337     -20.293     -17.913
          (STRAIN)  -1.694E-04   2.797E-04   2.802E-04  -1.694E-04  -1.449E-04
  2      62.00100    0.03359      23.284      23.381       0.038       1.060
          (STRAIN)  -1.694E-04   3.516E-04   3.537E-04  -1.694E-04  -1.465E-04


TIME =  100
  2       0.00000    0.05470     550.000     701.879     346.870     635.577
          (STRAIN)   1.964E-04  -1.710E-04   2.808E-04  -1.710E-04   1.964E-04
  2       4.00000    0.05430     314.908     480.592     131.890     298.920
          (STRAIN)   4.731E-05   6.937E-05   2.802E-04  -1.636E-04   4.903E-05
  2      11.99900    0.05299     163.940     165.411    -356.630    -118.611
          (STRAIN)  -3.128E-04   2.945E-04   2.962E-04  -3.128E-04  -3.510E-05
  2      12.00100    0.05299     163.933     167.529       6.907      48.840
          (STRAIN)  -3.128E-04   6.507E-04   6.728E-04  -3.128E-04  -5.551E-05
  2      42.00000    0.03994      44.935      45.158     -36.035     -28.247
          (STRAIN)  -1.907E-04   3.062E-04   3.075E-04  -1.907E-04  -1.429E-04
  2      61.99900    0.03361      23.300      23.352     -20.303     -17.921
          (STRAIN)  -1.695E-04   2.798E-04   2.804E-04  -1.695E-04  -1.449E-04
  2      62.00100    0.03361      23.299      23.395       0.039       1.062
          (STRAIN)  -1.695E-04   3.518E-04   3.539E-04  -1.695E-04  -1.466E-04


TIME =  0.001
  3       0.00000    0.01043       0.000    3598.234      50.739    3557.281
          (STRAIN)   1.588E-06  -2.128E-06   1.631E-06  -2.128E-06   1.588E-06
  3       4.00000    0.01050      -1.802    1654.450      -1.802    1615.999
          (STRAIN)   7.229E-07  -9.917E-07   7.636E-07  -9.917E-07   7.229E-07
  3      11.99900    0.01049       3.064       3.064   -5255.545   -4576.410
          (STRAIN)  -2.377E-06   2.731E-06   2.731E-06  -2.377E-06  -1.718E-06
  3      12.00100    0.01049       3.064       3.064       0.903       1.010
          (STRAIN)  -2.378E-06   1.089E-05   1.089E-05  -2.379E-06  -1.721E-06
  3      42.00000    0.01014       2.180       2.180      -0.826      -0.790
          (STRAIN)  -5.967E-06   1.248E-05   1.248E-05  -5.967E-06  -5.745E-06
  3      61.99900    0.00981       1.880       1.880      -0.523      -0.506
          (STRAIN)  -7.666E-06   1.710E-05   1.710E-05  -7.666E-06  -7.485E-06
  3      62.00100    0.00981       1.880       1.880       0.643       0.651
          (STRAIN)  -7.666E-06   2.006E-05   2.006E-05  -7.666E-06  -7.485E-06


TIME =  0.003
  3       0.00000    0.01126       0.000    7359.177      50.739    7270.569
          (STRAIN)   9.772E-07  -1.316E-06   1.005E-06  -1.316E-06   9.772E-07
  3       4.00000    0.01134      50.883      50.883   -3679.971   -2292.917
          (STRAIN)  -6.315E-07   5.536E-07   5.536E-07  -6.315E-07  -1.909E-07
  3      11.99900    0.01132       3.735       3.735   -3212.107   -2830.696
          (STRAIN)  -4.329E-06   5.035E-06   5.035E-06  -4.329E-06  -3.218E-06
  3      12.00100    0.01132       3.735       3.735       0.643       0.824
          (STRAIN)  -4.330E-06   1.464E-05   1.464E-05  -4.330E-06  -3.219E-06
  3      42.00000    0.01088       2.521       2.521      -1.216      -1.169
          (STRAIN)  -7.680E-06   1.525E-05   1.525E-05  -7.680E-06  -7.388E-06
  3      61.99900    0.01048       2.143       2.143      -0.740      -0.718
          (STRAIN)  -9.454E-06   2.025E-05   2.025E-05  -9.454E-06  -9.228E-06
  3      62.00100    0.01048       2.143       2.143       0.649       0.659
          (STRAIN)  -9.454E-06   2.402E-05   2.402E-05  -9.454E-06  -9.228E-06
```

Lanjutan Lampiran 3 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Eksisting dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  0.01
  3       0.00000    0.02118       0.000    2659.490     104.747    2579.510
          (STRAIN)   1.111E-05  -1.501E-05   1.196E-05  -1.501E-05   1.111E-05
  3       4.00000    0.02139       1.521    1114.072       1.521    1080.031
          (STRAIN)   4.779E-06  -6.607E-06   5.139E-06  -6.607E-06   4.779E-06
  3      11.99900    0.02135      15.305      15.305   -3519.965   -2856.441
          (STRAIN)  -1.648E-05   1.774E-05   1.774E-05  -1.648E-05  -1.006E-05
  3      12.00100    0.02135      15.304      15.304       3.226       4.273
          (STRAIN)  -1.648E-05   5.763E-05   5.763E-05  -1.648E-05  -1.006E-05
  3      42.00000    0.01969       8.471       8.471      -5.340      -5.024
          (STRAIN)  -2.975E-05   5.499E-05   5.499E-05  -2.976E-05  -2.782E-05
  3      61.99900    0.01833       6.408       6.408      -3.569      -3.427
          (STRAIN)  -3.521E-05   6.761E-05   6.761E-05  -3.521E-05  -3.374E-05
  3      62.00100    0.01833       6.408       6.408       1.154       1.220
          (STRAIN)  -3.521E-05   8.253E-05   8.253E-05  -3.521E-05  -3.374E-05

TIME =  0.03
  3       0.00000    0.02784       0.000    1899.656     104.747    1831.586
          (STRAIN)   2.311E-05  -3.114E-05   2.525E-05  -3.114E-05   2.311E-05
  3       4.00000    0.02843       5.780     857.618       5.780     829.796
          (STRAIN)   1.087E-05  -1.502E-05   1.174E-05  -1.502E-05   1.087E-05
  3      11.99900    0.02833      30.727      30.727   -2651.156   -2010.515
          (STRAIN)  -3.824E-05   3.899E-05   3.899E-05  -3.824E-05  -1.980E-05
  3      12.00100    0.02833      30.725      30.725       5.217       8.224
          (STRAIN)  -3.825E-05   1.183E-04   1.183E-04  -3.825E-05  -1.980E-05
  3      42.00000    0.02516      14.613      14.613     -10.540      -9.730
          (STRAIN)  -5.568E-05   9.867E-05   9.867E-05  -5.568E-05  -5.071E-05
  3      61.99900    0.02282      10.104      10.104      -6.897      -6.555
          (STRAIN)  -6.213E-05   1.131E-04   1.131E-04  -6.213E-05  -5.861E-05
  3      62.00100    0.02282      10.104      10.104       1.086       1.244
          (STRAIN)  -6.214E-05   1.400E-04   1.400E-04  -6.214E-05  -5.861E-05

TIME =  0.1
  3       0.00000    0.03641       0.000    1594.063     188.192    1472.610
          (STRAIN)   5.520E-05  -7.546E-05   6.756E-05  -7.546E-05   5.520E-05
  3       4.00000    0.03683      13.598     599.731      13.598     585.558
          (STRAIN)   2.472E-05  -3.346E-05   2.616E-05  -3.346E-05   2.472E-05
  3      11.99900    0.03663      59.208      59.208   -1736.590   -1147.110
          (STRAIN)  -8.668E-05   8.077E-05   8.077E-05  -8.668E-05  -3.171E-05
  3      12.00100    0.03663      59.205      59.205       7.361      16.320
          (STRAIN)  -8.669E-05   2.314E-04   2.314E-04  -8.669E-05  -3.172E-05
  3      42.00000    0.03087      23.822      23.822     -18.712     -16.706
          (STRAIN)  -9.638E-05   1.646E-04   1.646E-04  -9.638E-05  -8.407E-05
  3      61.99900    0.02718      14.782      14.782     -11.692     -10.929
          (STRAIN)  -9.954E-05   1.733E-04   1.733E-04  -9.954E-05  -9.168E-05
  3      62.00100    0.02718      14.782      14.782       0.671       1.022
          (STRAIN)  -9.954E-05   2.167E-04   2.167E-04  -9.954E-05  -9.168E-05

TIME =  0.3
  3       0.00000    0.04321       0.000    1017.460     188.192     931.461
          (STRAIN)   9.029E-05  -1.189E-04   1.145E-04  -1.189E-04   9.029E-05
  3       4.00000    0.04402      23.040     414.908      23.040     408.387
          (STRAIN)   4.687E-05  -6.156E-05   4.871E-05  -6.156E-05   4.687E-05
  3      11.99900    0.04372      92.712      92.712   -1030.988    -521.677
          (STRAIN)  -1.584E-04   1.315E-04   1.315E-04  -1.584E-04  -2.698E-05
  3      12.00100    0.04372      92.710      92.710       7.834      29.252
          (STRAIN)  -1.584E-04   3.624E-04   3.624E-04  -1.584E-04  -2.699E-05
  3      42.00000    0.03510      32.973      32.973     -26.824     -22.936
          (STRAIN)  -1.379E-04   2.290E-04   2.290E-04  -1.379E-04  -1.140E-04
  3      61.99900    0.03017      18.701      18.701     -15.936     -14.618
          (STRAIN)  -1.326E-04   2.244E-04   2.244E-04  -1.326E-04  -1.190E-04
  3      62.00100    0.03017      18.700      18.700       0.202       0.808
          (STRAIN)  -1.326E-04   2.820E-04   2.820E-04  -1.326E-04  -1.190E-04
```

Lanjutan Lampiran 3 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Eksisting dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  1
  3       0.00000    0.05019       0.000     785.329     252.729     678.830
          (STRAIN)   1.355E-04  -1.711E-04   2.121E-04  -1.711E-04   1.355E-04
  3       4.00000    0.04987      31.425     302.343      31.425     268.208
          (STRAIN)   6.922E-05  -1.011E-04   9.378E-05  -1.011E-04   6.922E-05
  3      11.99900    0.04951     122.836     122.836    -514.813    -115.056
          (STRAIN)  -2.439E-04   1.765E-04   1.765E-04  -2.439E-04   1.966E-05
  3      12.00100    0.04951     122.832     122.832       6.694      49.656
          (STRAIN)  -2.440E-04   4.687E-04   4.687E-04  -2.440E-04   1.965E-05
  3      42.00000    0.03836      41.075      41.075     -33.451     -27.135
          (STRAIN)  -1.742E-04   2.831E-04   2.831E-04  -1.742E-04  -1.355E-04
  3      61.99900    0.03244      21.833      21.833     -19.093     -17.174
          (STRAIN)  -1.582E-04   2.636E-04   2.636E-04  -1.582E-04  -1.384E-04
  3      62.00100    0.03244      21.832      21.832      -0.025       0.857
          (STRAIN)  -1.582E-04   3.316E-04   3.316E-04  -1.582E-04  -1.384E-04

TIME =  3
  3       0.00000    0.05323       0.000     614.275     252.730     534.264
          (STRAIN)   1.564E-04  -1.725E-04   2.499E-04  -1.725E-04   1.564E-04
  3       4.00000    0.05242      34.437     261.416      34.437     210.389
          (STRAIN)   7.680E-05  -1.287E-04   1.364E-04  -1.287E-04   7.680E-05
  3      11.99900    0.05208     134.171     134.171    -314.259      18.205
          (STRAIN)  -2.870E-04   1.932E-04   1.932E-04  -2.870E-04   6.902E-05
  3      12.00100    0.05208     134.148     134.148       6.332      64.377
          (STRAIN)  -2.871E-04   4.973E-04   4.973E-04  -2.871E-04   6.913E-05
  3      42.00000    0.03991      44.863      44.863     -36.061     -28.339
          (STRAIN)  -1.902E-04   3.064E-04   3.064E-04  -1.902E-04  -1.428E-04
  3      61.99900    0.03356      23.301      23.301     -20.328     -18.100
          (STRAIN)  -1.691E-04   2.805E-04   2.805E-04  -1.691E-04  -1.461E-04
  3      62.00100    0.03356      23.300      23.300       0.013       1.037
          (STRAIN)  -1.691E-04   3.528E-04   3.528E-04  -1.691E-04  -1.461E-04

TIME =  10
  3       0.00000    0.05376       0.000     587.919     252.729     512.309
          (STRAIN)   1.600E-04  -1.703E-04   2.562E-04  -1.703E-04   1.600E-04
  3       4.00000    0.05284      34.825     255.277      34.825     201.195
          (STRAIN)   7.740E-05  -1.343E-04   1.462E-04  -1.343E-04   7.740E-05
  3      11.99900    0.05250     135.714     135.714    -283.957      36.308
          (STRAIN)  -2.939E-04   1.956E-04   1.956E-04  -2.939E-04   7.965E-05
  3      12.00100    0.05250     135.690     135.690       6.367      67.269
          (STRAIN)  -2.939E-04   4.996E-04   4.996E-04  -2.939E-04   7.977E-05
  3      42.00000    0.04018      45.500      45.500     -36.451     -28.478
          (STRAIN)  -1.928E-04   3.101E-04   3.101E-04  -1.928E-04  -1.438E-04
  3      61.99900    0.03376      23.555      23.555     -20.520     -18.239
          (STRAIN)  -1.708E-04   2.834E-04   2.834E-04  -1.708E-04  -1.473E-04
  3      62.00100    0.03376      23.554      23.554       0.032       1.081
          (STRAIN)  -1.708E-04   3.563E-04   3.563E-04  -1.708E-04  -1.473E-04

TIME =  30
  3       0.00000    0.05374       0.000     590.267     252.729     514.240
          (STRAIN)   1.597E-04  -1.705E-04   2.557E-04  -1.705E-04   1.597E-04
  3       4.00000    0.05282      34.951     256.802      34.951     201.688
          (STRAIN)   7.665E-05  -1.339E-04   1.462E-04  -1.339E-04   7.665E-05
  3      11.99900    0.05248     135.639     135.639    -284.147      35.805
          (STRAIN)  -2.939E-04   1.958E-04   1.958E-04  -2.939E-04   7.934E-05
  3      12.00100    0.05248     135.615     135.615       6.290      67.147
          (STRAIN)  -2.940E-04   4.996E-04   4.996E-04  -2.940E-04   7.945E-05
  3      42.00000    0.04016      45.468      45.468     -36.436     -28.472
          (STRAIN)  -1.927E-04   3.099E-04   3.099E-04  -1.927E-04  -1.438E-04
  3      61.99900    0.03375      23.541      23.541     -20.509     -18.231
          (STRAIN)  -1.707E-04   2.832E-04   2.832E-04  -1.707E-04  -1.473E-04
  3      62.00100    0.03375      23.540      23.540       0.031       1.079
          (STRAIN)  -1.707E-04   3.561E-04   3.561E-04  -1.707E-04  -1.473E-04
```

Lanjutan Lampiran 3 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Eksisting dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  100
  3       0.00000    0.05376       0.000     587.854     252.730     512.252
          (STRAIN)   1.600E-04  -1.703E-04   2.562E-04  -1.703E-04   1.600E-04
  3       4.00000    0.05284      34.826     255.264      34.826     201.171
          (STRAIN)   7.740E-05  -1.343E-04   1.462E-04  -1.343E-04   7.740E-05
  3      11.99900    0.05250     135.718     135.718    -283.875      36.355
          (STRAIN)  -2.939E-04   1.956E-04   1.956E-04  -2.939E-04   7.968E-05
  3      12.00100    0.05250     135.694     135.694       6.367      67.276
          (STRAIN)  -2.940E-04   4.996E-04   4.996E-04  -2.940E-04   7.980E-05
  3      42.00000    0.04018      45.502      45.502     -36.452     -28.479
          (STRAIN)  -1.928E-04   3.101E-04   3.101E-04  -1.928E-04  -1.438E-04
  3      61.99900    0.03376      23.556      23.556     -20.520     -18.240
          (STRAIN)  -1.708E-04   2.834E-04   2.834E-04  -1.708E-04  -1.473E-04
  3      62.00100    0.03376      23.555      23.555       0.032       1.081
          (STRAIN)  -1.708E-04   3.563E-04   3.563E-04  -1.708E-04  -1.473E-04
```

Lampiran 4 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 1 LFA dengan Pendekatan Viskoelastik

```
INPUT FILE NAME  -C:\LFA.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED =  1

TITLE -Alt. 1 Viskoelastik

MATL = 3 FOR VISCOELASTIC LAYERED SYSTEM
NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED
NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) =  1
NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) =  1
TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- =  0.001
NUMBER OF LAYERS (NL)------------- =  5
NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)------ =  5
LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- =  80
COMPUTING CODE (NSTD)------------- =  9
SYSTEM OF UNITS (NUNIT)-----------=  1

Length and displacement in cm, stress and modulus in kPa
unit weight in kN/m^3, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 6  20  15  20
POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0.4  0.35  0.35  0.35  0.45
VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE:  0  5.999  6.001  60.999  61.001
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE :    1  1.100E+06   2  2.200E+05
   3  1.700E+05   4  1.310E+05   5  6.470E+04

LOAD GROUP NO. 1  HAS 2  CONTACT AREAS
CONTACT RADIUS (CR)--------------- =  11
CONTACT PRESSURE (CP)------------- =  550
NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- =  3
WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)------------------- =  0
WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)------------------- =  33

RESPONSE PT. NO. AND (XPT, YPT) ARE:  1   0.000   0.000  2   0.000  10.000
  3   0.000  16.500

DURATION OF MOVING LOAD (DUR) =  0
NUMBER OF VISCOELASTIC LAYER (NVL)         =  1
LAYER NUMBERS WHICH ARE VISCOELASTIC (LNV) =  1
CREEP TIMES (TYME) ARE: 0.001  0.003  0.01  0.03  0.1  0.3  1  3  10  30  100

FOR LAYER 1  TIME TEMPERATURE SHIFT FACTOR (BETA) =  0.113
REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) =  25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP. (TEMREF) OF 25  ARE:
  7.570E-10  2.269E-09  7.541E-09  2.244E-08  7.266E-08  2.010E-07  5.139E-07
  8.344E-07  9.089E-07  9.091E-07  9.091E-07

PERIOD NO.  1   LOAD GROUP NO.  1

TIME =  0.001

 POINT    VERTICAL   VERTICAL     VERTICAL      MAJOR       MINOR    INTERMEDIATE
                      DISPL.                  PRINCIPAL   PRINCIPAL   PRINCIPAL
  NO.    COORDINATE (HORIZONTAL   STRESS      STRESS      STRESS      STRESS
                     P. STRAIN)  (STRAIN)    (STRAIN)    (STRAIN)    (STRAIN)

  1       0.00000    0.01970     550.000    9317.773      72.791    9180.226
         (STRAIN)   4.106E-06  -5.546E-06   4.251E-06  -5.546E-06   4.106E-06
  1       5.99900    0.02009      12.986      12.986  -14849.220  -13364.720
         (STRAIN)  -7.198E-06   8.553E-06   8.553E-06  -7.198E-06  -5.624E-06
  1       6.00100    0.02009      12.985      13.189       4.694       4.746
         (STRAIN)  -7.198E-06   4.368E-05   4.493E-05  -7.198E-06  -6.878E-06
  1      60.99900    0.01727       5.646       5.665      -2.923      -2.754
         (STRAIN)  -3.009E-05   5.821E-05   5.842E-05  -3.009E-05  -2.835E-05
  1      61.00100    0.01727       5.646       5.683       1.150       1.199
         (STRAIN)  -3.009E-05   7.066E-05   7.149E-05  -3.009E-05  -2.899E-05
```

Lanjutan Lampiran 4 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 1 LFA dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 0.003

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.02660	550.000	8693.607	153.634	8427.120
	(STRAIN)	1.109E-05	-1.519E-05	1.194E-05	-1.519E-05	1.109E-05
1	5.99900	0.02687	26.478	26.479	-11662.420	-10275.820
	(STRAIN)	-1.716E-05	1.997E-05	1.997E-05	-1.716E-05	-1.275E-05
1	6.00100	0.02687	26.476	27.018	8.835	9.009
	(STRAIN)	-1.716E-05	9.109E-05	9.442E-05	-1.716E-05	-1.609E-05
1	60.99900	0.02170	8.992	9.041	-5.759	-5.355
	(STRAIN)	-5.381E-05	9.820E-05	9.871E-05	-5.381E-05	-4.965E-05
1	61.00100	0.02170	8.992	9.084	1.197	1.314
	(STRAIN)	-5.381E-05	1.209E-04	1.229E-04	-5.381E-05	-5.120E-05

TIME = 0.01

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.03474	550.000	6042.660	162.758	5683.955
	(STRAIN)	2.415E-05	-3.415E-05	2.793E-05	-3.415E-05	2.415E-05
1	5.99900	0.03514	54.045	54.052	-8347.662	-7156.916
	(STRAIN)	-4.153E-05	4.718E-05	4.718E-05	-4.153E-05	-2.895E-05
1	6.00100	0.03514	54.059	55.349	16.140	16.895
	(STRAIN)	-4.157E-05	1.911E-04	1.990E-04	-4.157E-05	-3.694E-05
1	60.99900	0.02603	13.330	13.442	-10.099	-9.192
	(STRAIN)	-8.844E-05	1.530E-04	1.542E-04	-8.844E-05	-7.910E-05
1	61.00100	0.02603	13.330	13.537	0.885	1.146
	(STRAIN)	-8.844E-05	1.905E-04	1.951E-04	-8.844E-05	-8.260E-05

TIME = 0.03

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04260	550.000	4797.949	292.414	4578.805
	(STRAIN)	5.705E-05	-7.759E-05	6.393E-05	-7.759E-05	5.705E-05
1	5.99900	0.04280	95.983	96.013	-5697.043	-4781.369
	(STRAIN)	-8.577E-05	9.619E-05	9.619E-05	-8.577E-05	-5.701E-05
1	6.00100	0.04280	95.996	98.166	25.156	27.671
	(STRAIN)	-8.585E-05	3.488E-04	3.622E-04	-8.585E-05	-7.042E-05
1	60.99900	0.02900	17.099	17.294	-14.345	-12.741
	(STRAIN)	-1.217E-04	2.024E-04	2.044E-04	-1.217E-04	-1.051E-04
1	61.00100	0.02900	17.098	17.457	0.354	0.822
	(STRAIN)	-1.217E-04	2.536E-04	2.616E-04	-1.217E-04	-1.112E-04

TIME = 0.1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.05096	550.000	3446.928	440.285	3345.394
	(STRAIN)	1.301E-04	-1.654E-04	1.404E-04	-1.654E-04	1.301E-04
1	5.99900	0.05069	165.028	165.130	-3399.288	-2846.038
	(STRAIN)	-1.691E-04	1.935E-04	1.935E-04	-1.691E-04	-1.128E-04
1	6.00100	0.05069	165.062	167.569	36.530	43.195
	(STRAIN)	-1.693E-04	6.195E-04	6.348E-04	-1.693E-04	-1.284E-04
1	60.99900	0.03112	20.226	20.512	-18.043	-15.592
	(STRAIN)	-1.509E-04	2.435E-04	2.464E-04	-1.509E-04	-1.256E-04
1	61.00100	0.03112	20.225	20.747	-0.171	0.566
	(STRAIN)	-1.509E-04	3.062E-04	3.179E-04	-1.509E-04	-1.344E-04

Lanjutan Lampiran 4 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 1 LFA dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 0.3

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.05785	550.000	2174.592	443.883	2079.639
	(STRAIN)	2.075E-04	-2.528E-04	2.342E-04	-2.528E-04	2.075E-04
1	5.99900	0.05724	248.219	248.400	-1898.607	-1626.391
	(STRAIN)	-2.709E-04	3.333E-04	3.334E-04	-2.709E-04	-1.942E-04
1	6.00100	0.05724	248.150	249.948	48.676	59.374
	(STRAIN)	-2.708E-04	9.532E-04	9.642E-04	-2.708E-04	-2.052E-04
1	60.99900	0.03251	22.158	22.502	-20.013	-16.948
	(STRAIN)	-1.676E-04	2.670E-04	2.705E-04	-1.676E-04	-1.360E-04
1	61.00100	0.03251	22.157	22.783	-0.306	0.636
	(STRAIN)	-1.676E-04	3.358E-04	3.498E-04	-1.676E-04	-1.465E-04

TIME = 1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.06524	550.000	1627.231	587.215	1581.634
	(STRAIN)	3.576E-04	-3.578E-04	3.904E-04	-3.578E-04	3.576E-04
1	5.99900	0.06318	338.356	338.576	-883.134	-776.847
	(STRAIN)	-3.637E-04	5.150E-04	5.152E-04	-3.637E-04	-2.873E-04
1	6.00100	0.06318	338.314	339.255	65.735	77.287
	(STRAIN)	-3.639E-04	1.309E-03	1.315E-03	-3.639E-04	-2.930E-04
1	60.99900	0.03391	23.746	24.127	-21.002	-17.527
	(STRAIN)	-1.780E-04	2.832E-04	2.871E-04	-1.780E-04	-1.421E-04
1	61.00100	0.03390	23.746	24.437	-0.055	1.026
	(STRAIN)	-1.780E-04	3.555E-04	3.710E-04	-1.780E-04	-1.537E-04

TIME = 3

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.06850	550.000	1271.402	587.215	1240.036
	(STRAIN)	4.144E-04	-3.482E-04	4.510E-04	-3.482E-04	4.144E-04
1	5.99900	0.06612	383.469	383.695	-494.146	-436.107
	(STRAIN)	-3.948E-04	6.304E-04	6.306E-04	-3.948E-04	-3.270E-04
1	6.00100	0.06612	383.342	383.973	78.776	89.243
	(STRAIN)	-3.948E-04	1.474E-03	1.478E-03	-3.948E-04	-3.305E-04
1	60.99900	0.03475	24.636	25.033	-21.365	-17.716
	(STRAIN)	-1.826E-04	2.914E-04	2.955E-04	-1.826E-04	-1.450E-04
1	61.00100	0.03475	24.635	25.357	0.193	1.332
	(STRAIN)	-1.826E-04	3.651E-04	3.813E-04	-1.826E-04	-1.571E-04

TIME = 10

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.06907	550.000	1217.188	587.215	1187.814
	(STRAIN)	4.236E-04	-3.406E-04	4.610E-04	-3.406E-04	4.236E-04
1	5.99900	0.06662	390.910	391.137	-435.020	-383.328
	(STRAIN)	-3.982E-04	6.527E-04	6.530E-04	-3.982E-04	-3.324E-04
1	6.00100	0.06662	390.776	391.364	81.459	91.644
	(STRAIN)	-3.982E-04	1.500E-03	1.504E-03	-3.982E-04	-3.357E-04
1	60.99900	0.03491	24.801	25.201	-21.426	-17.748
	(STRAIN)	-1.835E-04	2.929E-04	2.970E-04	-1.835E-04	-1.456E-04
1	61.00100	0.03490	24.800	25.527	0.242	1.391
	(STRAIN)	-1.835E-04	3.669E-04	3.832E-04	-1.835E-04	-1.577E-04

Lanjutan Lampiran 4 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 1 LFA dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 30

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.06908	550.000	1217.044	587.215	1187.664
	(STRAIN)	4.236E-04	-3.406E-04	4.610E-04	-3.406E-04	4.236E-04
1	5.99900	0.06663	390.931	391.157	-434.857	-383.182
	(STRAIN)	-3.982E-04	6.528E-04	6.531E-04	-3.982E-04	-3.325E-04
1	6.00100	0.06662	390.797	391.385	81.466	91.650
	(STRAIN)	-3.982E-04	1.500E-03	1.504E-03	-3.982E-04	-3.357E-04
1	60.99900	0.03491	24.801	25.201	-21.426	-17.748
	(STRAIN)	-1.835E-04	2.929E-04	2.970E-04	-1.835E-04	-1.456E-04
1	61.00100	0.03490	24.800	25.527	0.242	1.391
	(STRAIN)	-1.835E-04	3.669E-04	3.832E-04	-1.835E-04	-1.577E-04

TIME = 100

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.06908	550.000	1217.044	587.215	1187.664
	(STRAIN)	4.236E-04	-3.406E-04	4.610E-04	-3.406E-04	4.236E-04
1	5.99900	0.06663	390.931	391.157	-434.857	-383.182
	(STRAIN)	-3.982E-04	6.528E-04	6.531E-04	-3.982E-04	-3.325E-04
1	6.00100	0.06662	390.797	391.385	81.466	91.650
	(STRAIN)	-3.982E-04	1.500E-03	1.504E-03	-3.982E-04	-3.357E-04
1	60.99900	0.03491	24.801	25.201	-21.426	-17.748
	(STRAIN)	-1.835E-04	2.929E-04	2.970E-04	-1.835E-04	-1.456E-04
1	61.00100	0.03490	24.800	25.527	0.242	1.391
	(STRAIN)	-1.835E-04	3.669E-04	3.832E-04	-1.835E-04	-1.577E-04

TIME = 0.001

2	0.00000	0.02005	550.000	10433.960	84.075	10209.360
	(STRAIN)	4.543E-06	-6.187E-06	4.781E-06	-6.187E-06	4.543E-06
2	5.99900	0.02028	13.270	13.269	-14838.740	-12698.290
	(STRAIN)	-7.391E-06	8.348E-06	8.348E-06	-7.391E-06	-5.123E-06
2	6.00100	0.02028	13.265	13.281	4.841	5.196
	(STRAIN)	-7.394E-06	4.430E-05	4.440E-05	-7.394E-06	-5.211E-06
2	60.99900	0.01737	5.750	5.753	-2.987	-2.869
	(STRAIN)	-3.050E-05	5.953E-05	5.956E-05	-3.050E-05	-2.929E-05
2	61.00100	0.01737	5.750	5.755	1.161	1.211
	(STRAIN)	-3.050E-05	7.233E-05	7.246E-05	-3.050E-05	-2.939E-05

TIME = 0.003

2	0.00000	0.02684	550.000	8625.145	143.826	8360.639
	(STRAIN)	1.101E-05	-1.509E-05	1.185E-05	-1.509E-05	1.101E-05
2	5.99900	0.02729	27.106	27.106	-11584.910	-9512.883
	(STRAIN)	-1.768E-05	1.921E-05	1.921E-05	-1.768E-05	-1.109E-05
2	6.00100	0.02729	27.094	27.130	9.186	10.231
	(STRAIN)	-1.768E-05	9.221E-05	9.243E-05	-1.768E-05	-1.127E-05
2	60.99900	0.02191	9.230	9.238	-5.917	-5.631
	(STRAIN)	-5.481E-05	1.013E-04	1.014E-04	-5.481E-05	-5.185E-05
2	61.00100	0.02191	9.230	9.245	1.215	1.336
	(STRAIN)	-5.481E-05	1.248E-04	1.251E-04	-5.481E-05	-5.210E-05

TIME = 0.01

2	0.00000	0.03552	550.000	6333.230	166.228	5980.249
	(STRAIN)	2.549E-05	-3.589E-05	2.922E-05	-3.589E-05	2.549E-05
2	5.99900	0.03599	54.903	54.903	-8141.828	-6217.329
	(STRAIN)	-4.281E-05	4.373E-05	4.373E-05	-4.281E-05	-2.249E-05
2	6.00100	0.03599	54.869	54.913	16.846	20.136
	(STRAIN)	-4.282E-05	1.905E-04	1.908E-04	-4.282E-05	-2.263E-05
2	60.99900	0.02642	13.835	13.853	-10.464	-9.802
	(STRAIN)	-9.070E-05	1.597E-04	1.599E-04	-9.070E-05	-8.388E-05
2	61.00100	0.02642	13.835	13.868	0.905	1.185
	(STRAIN)	-9.070E-05	1.991E-04	1.998E-04	-9.070E-05	-8.444E-05

Lanjutan Lampiran 4 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 1 LFA dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  0.03
  2       0.00000    0.04406     550.000    5084.611     275.410    4553.161
          (STRAIN)   5.405E-05  -8.032E-05   7.075E-05  -8.032E-05   5.405E-05
  2       5.99900    0.04412      94.550      94.550   -5341.013   -3656.956
          (STRAIN)  -8.786E-05   8.288E-05   8.288E-05  -8.786E-05  -3.496E-05
  2       6.00100    0.04412      94.554      94.556      25.802      34.417
          (STRAIN)  -8.790E-05   3.340E-04   3.340E-04  -8.790E-05  -3.504E-05
  2      60.99900    0.02956      17.942      17.973     -14.998     -13.786
          (STRAIN)  -1.257E-04   2.138E-04   2.141E-04  -1.257E-04  -1.132E-04
  2      61.00100    0.02956      17.941      17.999       0.363       0.877
          (STRAIN)  -1.257E-04   2.683E-04   2.696E-04  -1.257E-04  -1.142E-04


TIME =  0.1
  2       0.00000    0.05193     550.000    2873.835     275.410    2545.575
          (STRAIN)   9.343E-05  -1.375E-04   1.268E-04  -1.375E-04   9.343E-05
  2       5.99900    0.05209     148.909     148.939   -2912.684   -1619.759
          (STRAIN)  -1.689E-04   1.425E-04   1.426E-04  -1.689E-04  -3.737E-05
  2       6.00100    0.05209     148.928     149.443      34.538      55.444
          (STRAIN)  -1.690E-04   5.330E-04   5.361E-04  -1.690E-04  -4.068E-05
  2      60.99900    0.03185      21.436      21.481     -19.034     -17.104
          (STRAIN)  -1.570E-04   2.601E-04   2.605E-04  -1.570E-04  -1.371E-04
  2      61.00100    0.03185      21.435      21.519      -0.187       0.637
          (STRAIN)  -1.570E-04   3.276E-04   3.295E-04  -1.570E-04  -1.385E-04


TIME =  0.3
  2       0.00000    0.05837     550.000    1910.875     346.870    1640.589
          (STRAIN)   1.482E-04  -2.158E-04   2.243E-04  -2.158E-04   1.482E-04
  2       5.99900    0.05764     195.473     196.381   -1432.314    -555.435
          (STRAIN)  -2.591E-04   1.991E-04   1.993E-04  -2.591E-04  -1.227E-05
  2       6.00100    0.05764     195.433     200.942      39.215      73.997
          (STRAIN)  -2.592E-04   6.995E-04   7.333E-04  -2.592E-04  -4.572E-05
  2      60.99900    0.03335      23.603      23.658     -21.233     -18.736
          (STRAIN)  -1.752E-04   2.868E-04   2.874E-04  -1.752E-04  -1.495E-04
  2      61.00100    0.03335      23.602      23.703      -0.343       0.729
          (STRAIN)  -1.752E-04   3.614E-04   3.637E-04  -1.752E-04  -1.512E-04


TIME =  1
  2       0.00000    0.06339     550.000    1164.773     353.797     973.740
          (STRAIN)   1.882E-04  -2.578E-04   3.257E-04  -2.578E-04   1.882E-04
  2       5.99900    0.06162     230.010     240.611     -578.789     -76.416
          (STRAIN)  -3.312E-04   2.507E-04   2.583E-04  -3.312E-04   3.024E-05
  2       6.00100    0.06162     229.970     251.881      44.097      82.363
          (STRAIN)  -3.313E-04   8.093E-04   9.437E-04  -3.313E-04  -9.650E-05
  2      60.99900    0.03482      25.344      25.405     -22.362     -19.462
          (STRAIN)  -1.866E-04   3.050E-04   3.057E-04  -1.866E-04  -1.567E-04
  2      61.00100    0.03482      25.343      25.455      -0.099       1.150
          (STRAIN)  -1.866E-04   3.836E-04   3.861E-04  -1.866E-04  -1.586E-04


TIME =  3
  2       0.00000    0.06558     550.000     883.373     353.797     751.791
          (STRAIN)   2.144E-04  -2.505E-04   3.681E-04  -2.505E-04   2.144E-04
  2       5.99900    0.06338     244.358     271.502     -300.340      31.625
          (STRAIN)  -3.518E-04   2.845E-04   3.162E-04  -3.518E-04   3.601E-05
  2       6.00100    0.06338     244.296     279.794      49.271      82.194
          (STRAIN)  -3.519E-04   8.448E-04   1.063E-03  -3.519E-04  -1.499E-04
  2      60.99900    0.03570      26.305      26.368     -22.779     -19.707
          (STRAIN)  -1.917E-04   3.141E-04   3.148E-04  -1.917E-04  -1.600E-04
  2      61.00100    0.03570      26.304      26.420       0.152       1.478
          (STRAIN)  -1.917E-04   3.944E-04   3.970E-04  -1.917E-04  -1.620E-04


TIME =  10
  2       0.00000    0.06597     550.000     842.067     353.797     719.302
          (STRAIN)   2.190E-04  -2.461E-04   3.752E-04  -2.461E-04   2.190E-04
  2       5.99900    0.06367     246.691     277.693     -260.694      43.566
          (STRAIN)  -3.537E-04   2.919E-04   3.313E-04  -3.537E-04   3.342E-05
  2       6.00100    0.06367     246.621     284.741      50.487      81.952
          (STRAIN)  -3.539E-04   8.497E-04   1.084E-03  -3.539E-04  -1.608E-04
  2      60.99900    0.03586      26.483      26.546     -22.850     -19.749
          (STRAIN)  -1.926E-04   3.158E-04   3.165E-04  -1.926E-04  -1.606E-04
```

Lanjutan Lampiran 4 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 1 LFA dengan Pendekatan Viskoelastik

```
  2      61.00100    0.03586      26.481      26.598       0.202       1.540
          (STRAIN)  -1.926E-04   3.964E-04   3.990E-04  -1.926E-04  -1.626E-04


TIME =  30
  2       0.00000    0.06597     550.000     841.954     353.797     719.213
          (STRAIN)   2.190E-04  -2.461E-04   3.752E-04  -2.461E-04   2.190E-04
  2       5.99900    0.06368     246.697     277.710    -260.586      43.597
          (STRAIN)  -3.537E-04   2.919E-04   3.314E-04  -3.537E-04   3.341E-05
  2       6.00100    0.06367     246.628     284.755      50.491      81.951
          (STRAIN)  -3.539E-04   8.497E-04   1.084E-03  -3.539E-04  -1.608E-04
  2      60.99900    0.03587      26.483      26.546     -22.850     -19.749
          (STRAIN)  -1.926E-04   3.158E-04   3.165E-04  -1.926E-04  -1.606E-04
  2      61.00100    0.03586      26.482      26.599       0.202       1.540
          (STRAIN)  -1.926E-04   3.964E-04   3.990E-04  -1.926E-04  -1.626E-04


TIME =  100
  2       0.00000    0.06597     550.000     841.954     353.797     719.213
          (STRAIN)   2.190E-04  -2.461E-04   3.752E-04  -2.461E-04   2.190E-04
  2       5.99900    0.06368     246.697     277.710    -260.586      43.597
          (STRAIN)  -3.537E-04   2.919E-04   3.314E-04  -3.537E-04   3.341E-05
  2       6.00100    0.06367     246.628     284.755      50.491      81.951
          (STRAIN)  -3.539E-04   8.497E-04   1.084E-03  -3.539E-04  -1.608E-04
  2      60.99900    0.03587      26.483      26.546     -22.850     -19.749
          (STRAIN)  -1.926E-04   3.158E-04   3.165E-04  -1.926E-04  -1.606E-04
  2      61.00100    0.03586      26.482      26.599       0.202       1.540
          (STRAIN)  -1.926E-04   3.964E-04   3.990E-04  -1.926E-04  -1.626E-04


TIME =  0.001
  3       0.00000    0.02025       0.000   11397.110     104.747   11054.160
          (STRAIN)   4.885E-06  -6.719E-06   5.248E-06  -6.719E-06   4.885E-06
  3       5.99900    0.02038      13.176      13.175  -14381.010  -11792.720
          (STRAIN)  -7.319E-06   7.935E-06   7.935E-06  -7.319E-06  -4.576E-06
  3       6.00100    0.02038      13.181      13.181       4.857       5.303
          (STRAIN)  -7.329E-06   4.375E-05   4.375E-05  -7.329E-06  -4.594E-06
  3      60.99900    0.01747       5.783       5.783      -2.978      -2.870
          (STRAIN)  -3.052E-05   5.977E-05   5.977E-05  -3.052E-05  -2.941E-05
  3      61.00100    0.01747       5.783       5.783       1.182       1.232
          (STRAIN)  -3.052E-05   7.259E-05   7.259E-05  -3.052E-05  -2.941E-05


TIME =  0.003
  3       0.00000    0.02698       0.000    8278.882     104.747    7978.246
          (STRAIN)   1.049E-05  -1.452E-05   1.145E-05  -1.452E-05   1.049E-05
  3       5.99900    0.02737      26.770      26.770  -11126.400   -8593.925
          (STRAIN)  -1.747E-05   1.796E-05   1.796E-05  -1.747E-05  -9.426E-06
  3       6.00100    0.02737      26.771      26.771       9.205      10.517
          (STRAIN)  -1.748E-05   9.031E-05   9.031E-05  -1.748E-05  -9.430E-06
  3      60.99900    0.02196       9.269       9.269      -5.931      -5.667
          (STRAIN)  -5.490E-05   1.017E-04   1.017E-04  -5.490E-05  -5.218E-05
  3      61.00100    0.02196       9.269       9.269       1.225       1.346
          (STRAIN)  -5.490E-05   1.254E-04   1.254E-04  -5.490E-05  -5.218E-05


TIME =  0.01
  3       0.00000    0.03592       0.000    6915.308     188.192    6353.631
          (STRAIN)   2.649E-05  -3.861E-05   3.242E-05  -3.861E-05   2.649E-05
  3       5.99900    0.03612      53.595      53.595   -7667.406   -5277.649
          (STRAIN)  -4.206E-05   3.945E-05   3.945E-05  -4.206E-05  -1.683E-05
  3       6.00100    0.03612      53.594      53.594      16.830      20.943
          (STRAIN)  -4.208E-05   1.835E-04   1.835E-04  -4.208E-05  -1.684E-05
  3      60.99900    0.02649      13.928      13.928      -10.525      -9.909
          (STRAIN)  -9.108E-05   1.609E-04   1.609E-04  -9.108E-05  -8.474E-05
  3      61.00100    0.02649      13.927      13.927       0.912       1.196
          (STRAIN)  -9.108E-05   2.006E-04   2.006E-04  -9.108E-05  -8.474E-05


TIME =  0.03
  3       0.00000    0.04373       0.000    4308.408     188.192    3890.757
          (STRAIN)   4.694E-05  -6.936E-05   6.006E-05  -6.936E-05   4.694E-05
  3       5.99900    0.04425      89.973      89.973   -4846.428   -2695.888
          (STRAIN)  -8.535E-05   6.971E-05   6.971E-05  -8.535E-05  -1.780E-05
```

Lanjutan Lampiran 4 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 1 LFA dengan Pendekatan Viskoelastik

3	6.00100	0.04425	89.970	89.970	25.475	36.487
	(STRAIN)	-8.539E-05	3.104E-04	3.104E-04	-8.539E-05	-1.781E-05
3	60.99900	0.02967	18.100	18.100	-15.115	-13.978
	(STRAIN)	-1.264E-04	2.159E-04	2.159E-04	-1.264E-04	-1.147E-04
3	61.00100	0.02967	18.099	18.099	0.368	0.890
	(STRAIN)	-1.264E-04	2.710E-04	2.710E-04	-1.264E-04	-1.147E-04

IME = 0.1

3	0.00000	0.05224	0.000	2875.311	252.729	2357.130
	(STRAIN)	8.035E-05	-1.337E-04	1.331E-04	-1.337E-04	8.035E-05
3	5.99900	0.05198	132.830	132.830	-2426.846	-700.427
	(STRAIN)	-1.598E-04	1.005E-04	1.005E-04	-1.598E-04	1.578E-05
3	6.00100	0.05198	132.668	132.668	32.800	61.571
	(STRAIN)	-1.599E-04	4.529E-04	4.529E-04	-1.599E-04	1.663E-05
3	60.99900	0.03200	21.663	21.663	-19.216	-17.386
	(STRAIN)	-1.581E-04	2.632E-04	2.632E-04	-1.581E-04	-1.393E-04
3	61.00100	0.03200	21.663	21.663	-0.187	0.654
	(STRAIN)	-1.581E-04	3.316E-04	3.316E-04	-1.581E-04	-1.393E-04

IME = 0.3

3	0.00000	0.05755	0.000	1574.108	252.729	1278.430
	(STRAIN)	1.101E-04	-1.786E-04	1.933E-04	-1.786E-04	1.101E-04
3	5.99900	0.05682	153.770	238.911	-1009.190	153.770
	(STRAIN)	-2.344E-04	9.285E-05	1.168E-04	-2.344E-04	9.285E-05
3	6.00100	0.05681	153.736	153.736	34.248	91.532
	(STRAIN)	-2.345E-04	4.987E-04	4.987E-04	-2.345E-04	1.170E-04
3	60.99900	0.03351	23.874	23.874	-21.459	-19.069
	(STRAIN)	-1.766E-04	2.905E-04	2.905E-04	-1.766E-04	-1.520E-04
3	61.00100	0.03351	23.873	23.873	-0.348	0.750
	(STRAIN)	-1.766E-04	3.662E-04	3.662E-04	-1.766E-04	-1.520E-04

IME = 1

3	0.00000	0.06122	0.000	879.329	252.729	729.539
	(STRAIN)	1.422E-04	-2.008E-04	2.500E-04	-2.008E-04	1.422E-04
3	5.99900	0.05956	145.721	504.760	-282.393	145.721
	(STRAIN)	-2.788E-04	2.917E-05	2.875E-04	-2.788E-04	2.917E-05
3	6.00100	0.05956	145.655	145.655	33.766	126.133
	(STRAIN)	-2.789E-04	4.077E-04	4.077E-04	-2.789E-04	2.879E-04
3	60.99900	0.03499	25.643	25.643	-22.615	-19.821
	(STRAIN)	-1.882E-04	3.091E-04	3.091E-04	-1.882E-04	-1.594E-04
3	61.00100	0.03499	25.641	25.641	-0.107	1.178
	(STRAIN)	-1.882E-04	3.889E-04	3.889E-04	-1.882E-04	-1.594E-04

IME = 3

3	0.00000	0.06288	0.000	660.351	252.729	559.572
	(STRAIN)	1.622E-04	-1.963E-04	2.799E-04	-1.963E-04	1.622E-04
3	5.99900	0.06053	132.041	489.056	-87.945	132.041
	(STRAIN)	-2.807E-04	-2.370E-05	3.933E-04	-2.807E-04	-2.370E-05
3	6.00100	0.06053	131.939	145.184	35.229	131.939
	(STRAIN)	-2.807E-04	3.127E-04	3.940E-04	-2.807E-04	3.127E-04
3	60.99900	0.03588	26.616	26.616	-23.043	-20.076
	(STRAIN)	-1.934E-04	3.184E-04	3.184E-04	-1.934E-04	-1.628E-04
3	61.00100	0.03588	26.615	26.615	0.144	1.508
	(STRAIN)	-1.934E-04	3.999E-04	3.999E-04	-1.934E-04	-1.628E-04

IME = 10

3	0.00000	0.06317	0.000	629.001	252.729	535.260
	(STRAIN)	1.659E-04	-1.936E-04	2.852E-04	-1.936E-04	1.659E-04
3	5.99900	0.06069	129.188	479.692	-63.617	129.188
	(STRAIN)	-2.792E-04	-3.385E-05	4.121E-04	-2.792E-04	-3.385E-05
3	6.00100	0.06069	129.079	148.497	35.718	129.079
	(STRAIN)	-2.792E-04	2.937E-04	4.128E-04	-2.792E-04	2.937E-04
3	60.99900	0.03605	26.796	26.796	-23.116	-20.120
	(STRAIN)	-1.943E-04	3.201E-04	3.201E-04	-1.943E-04	-1.634E-04
3	61.00100	0.03605	26.795	26.795	0.194	1.572
	(STRAIN)	-1.943E-04	4.019E-04	4.019E-04	-1.943E-04	-1.634E-04

Lanjutan Lampiran 4 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 1 LFA dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 30

3	0.00000	0.06317	0.000	628.916	252.730	535.194
	(STRAIN)	1.659E-04	-1.936E-04	2.852E-04	-1.936E-04	1.659E-04
3	5.99900	0.06069	129.180	479.663	-63.552	129.180
	(STRAIN)	-2.792E-04	-3.388E-05	4.122E-04	-2.792E-04	-3.388E-05
3	6.00100	0.06069	129.070	148.506	35.720	129.070
	(STRAIN)	-2.792E-04	2.936E-04	4.129E-04	-2.792E-04	2.936E-04
3	60.99900	0.03605	26.796	26.796	-23.116	-20.120
	(STRAIN)	-1.943E-04	3.201E-04	3.201E-04	-1.943E-04	-1.634E-04
3	61.00100	0.03605	26.795	26.795	0.194	1.572
	(STRAIN)	-1.943E-04	4.019E-04	4.019E-04	-1.943E-04	-1.634E-04

TIME = 100

3	0.00000	0.06317	0.000	628.916	252.730	535.194
	(STRAIN)	1.659E-04	-1.936E-04	2.852E-04	-1.936E-04	1.659E-04
3	5.99900	0.06069	129.180	479.663	-63.552	129.180
	(STRAIN)	-2.792E-04	-3.388E-05	4.122E-04	-2.792E-04	-3.388E-05
3	6.00100	0.06069	129.070	148.506	35.720	129.070
	(STRAIN)	-2.792E-04	2.936E-04	4.129E-04	-2.792E-04	2.936E-04
3	60.99900	0.03605	26.796	26.796	-23.116	-20.120
	(STRAIN)	-1.943E-04	3.201E-04	3.201E-04	-1.943E-04	-1.634E-04
3	61.00100	0.03605	26.795	26.795	0.194	1.572
	(STRAIN)	-1.943E-04	4.019E-04	4.019E-04	-1.943E-04	-1.634E-04

Lampiran 5 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2 HRS dengan Pendekatan Viskoelastik

```
INPUT FILE NAME  -C:\HRS.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED =  1

TITLE -Alternatif HRS

MATL = 3 FOR VISCOELASTIC LAYERED SYSTEM
NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED
NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) =  1
NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) =  1
TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- =  0.001
NUMBER OF LAYERS (NL)------------- =  5
NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)------ =  7
LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- =  80
COMPUTING CODE (NSTD)------------- =  9
SYSTEM OF UNITS (NUNIT)------------=  1

Length and displacement in cm, stress and modulus in kPa
unit weight in kN/m^3, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 3  3.5  25  15
POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0.4  0.4  0.35  0.35  0.45
VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE:  0  3  6.499  6.501  31.5
 46.499  46.501
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE :    1  8.000E+05   2  9.000E+05
   3  2.200E+05   4  1.700E+05   5  6.470E+04

LOAD GROUP NO. 1  HAS 2  CONTACT AREAS
CONTACT RADIUS (CR)--------------- =  11
CONTACT PRESSURE (CP)------------- =  550
NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- =  3
WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)------------------- =  0
WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)------------------- =  33

RESPONSE PT. NO. AND (XPT, YPT) ARE:  1   0.000   0.000  2   0.000  10.000
  3   0.000  16.500

DURATION OF MOVING LOAD (DUR) =  0
NUMBER OF VISCOELASTIC LAYER (NVL)         =  2
LAYER NUMBERS WHICH ARE VISCOELASTIC (LNV) =  1  2
CREEP TIMES (TYME) ARE: 0.001  0.003  0.01  0.03  0.1  0.3  1  3  10  30  100

FOR LAYER 1  TIME TEMPERATURE SHIFT FACTOR (BETA) =  0.113
REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) =  25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP. (TEMREF) OF 25  ARE:
  1.041E-09  3.120E-09  1.037E-08  3.085E-08  9.991E-08  2.764E-07  7.066E-07
  1.147E-06  1.250E-06  1.250E-06  1.250E-06

FOR LAYER 2  TIME TEMPERATURE SHIFT FACTOR (BETA) =  0.113
REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) =  25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP. (TEMREF) OF 25  ARE:
  9.252E-10  2.773E-09  9.217E-09  2.742E-08  8.881E-08  2.457E-07  6.281E-07
  1.020E-06  1.111E-06  1.111E-06  1.111E-06

PERIOD NO.  1   LOAD GROUP NO.  1

TIME =  0.001

 POINT    VERTICAL   VERTICAL     VERTICAL      MAJOR       MINOR   INTERMEDIATE
                      DISPL.                  PRINCIPAL   PRINCIPAL   PRINCIPAL
  NO.    COORDINATE (HORIZONTAL   STRESS      STRESS      STRESS      STRESS
                     P. STRAIN)  (STRAIN)    (STRAIN)    (STRAIN)    (STRAIN)

  1       0.00000    0.02033     550.000    8609.973      83.925    8336.495
          (STRAIN)   5.058E-06  -6.969E-06   5.457E-06  -6.969E-06   5.058E-06
  1       3.00000    0.02053     317.236    1384.711     274.014    1313.152
          (STRAIN)   6.133E-07  -7.751E-07   7.806E-07  -8.381E-07   6.763E-07
  1       6.49900    0.02052      12.765      12.765  -13136.530  -11830.080
          (STRAIN)  -7.781E-06   9.251E-06   9.251E-06  -7.781E-06  -6.088E-06
```

Lanjutan Lampiran 5 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2 HRS dengan Pendekatan Viskoelastik

1	6.50100	0.02052	12.765	12.985	4.388	4.444
	(STRAIN)	-7.781E-06	4.362E-05	4.497E-05	-7.781E-06	-7.439E-06
1	31.50000	0.01940	7.988	8.078	-3.376	-3.076
	(STRAIN)	-2.331E-05	4.643E-05	4.698E-05	-2.331E-05	-2.146E-05
1	46.49900	0.01859	6.528	6.550	-4.643	-4.321
	(STRAIN)	-3.190E-05	5.682E-05	5.699E-05	-3.190E-05	-2.935E-05
1	46.50100	0.01859	6.528	6.577	1.688	1.761
	(STRAIN)	-3.190E-05	7.657E-05	7.767E-05	-3.190E-05	-3.027E-05

TIME = 0.003

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.02738	550.000	7283.504	153.633	7060.874
	(STRAIN)	1.275E-05	-1.742E-05	1.372E-05	-1.742E-05	1.275E-05
1	3.00000	0.02769	323.354	1146.277	278.239	1083.447
	(STRAIN)	1.406E-06	-1.718E-06	1.877E-06	-1.915E-06	1.603E-06
1	6.49900	0.02766	26.210	26.211	-10340.580	-9120.477
	(STRAIN)	-1.859E-05	2.166E-05	2.166E-05	-1.859E-05	-1.385E-05
1	6.50100	0.02766	26.206	26.802	8.235	8.410
	(STRAIN)	-1.859E-05	9.169E-05	9.534E-05	-1.859E-05	-1.751E-05
1	31.50000	0.02547	14.271	14.536	-7.205	-6.458
	(STRAIN)	-4.560E-05	8.618E-05	8.781E-05	-4.560E-05	-4.102E-05
1	46.49900	0.02400	10.871	10.928	-9.579	-8.770
	(STRAIN)	-6.079E-05	1.016E-04	1.021E-04	-6.079E-05	-5.437E-05
1	46.50100	0.02400	10.871	11.000	1.994	2.173
	(STRAIN)	-6.079E-05	1.381E-04	1.410E-04	-6.079E-05	-5.680E-05

TIME = 0.01

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.03603	550.000	5070.799	162.758	4772.558
	(STRAIN)	2.778E-05	-3.914E-05	3.211E-05	-3.914E-05	2.778E-05
1	3.00000	0.03653	336.176	910.797	296.608	855.929
	(STRAIN)	3.293E-06	-3.678E-06	4.664E-06	-4.253E-06	3.868E-06
1	6.49900	0.03645	54.064	54.072	-7391.041	-6346.015
	(STRAIN)	-4.493E-05	5.114E-05	5.114E-05	-4.493E-05	-3.144E-05
1	6.50100	0.03645	54.077	55.508	15.079	15.841
	(STRAIN)	-4.497E-05	1.943E-04	2.031E-04	-4.497E-05	-4.029E-05
1	31.50000	0.03224	24.571	25.302	-13.945	-12.115
	(STRAIN)	-8.437E-05	1.520E-04	1.565E-04	-8.437E-05	-7.313E-05
1	46.49900	0.02975	17.037	17.177	-17.924	-15.973
	(STRAIN)	-1.079E-04	1.697E-04	1.708E-04	-1.079E-04	-9.242E-05
1	46.50100	0.02975	17.037	17.348	1.851	2.280
	(STRAIN)	-1.079E-04	2.324E-04	2.394E-04	-1.079E-04	-9.829E-05

TIME = 0.03

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04431	550.000	4007.788	292.415	3825.625
	(STRAIN)	6.496E-05	-8.764E-05	7.282E-05	-8.764E-05	6.496E-05
1	3.00000	0.04471	356.169	734.872	330.694	684.558
	(STRAIN)	6.869E-06	-6.214E-06	1.014E-05	-7.314E-06	7.970E-06
1	6.49900	0.04454	96.774	96.814	-5008.481	-4210.568
	(STRAIN)	-9.221E-05	1.038E-04	1.038E-04	-9.221E-05	-6.158E-05
1	6.50100	0.04454	96.774	99.167	23.572	26.167
	(STRAIN)	-9.225E-05	3.569E-04	3.716E-04	-9.225E-05	-7.632E-05
1	31.50000	0.03759	36.343	37.825	-21.820	-18.151
	(STRAIN)	-1.305E-04	2.264E-04	2.355E-04	-1.305E-04	-1.080E-04
1	46.49900	0.03401	22.944	23.201	-27.038	-23.337
	(STRAIN)	-1.588E-04	2.381E-04	2.402E-04	-1.588E-04	-1.294E-04

Lanjutan Lampiran 5 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2 HRS dengan Pendekatan Viskoelastik

1	46.50100	0.03401	22.943	23.514	1.242	2.074
	(STRAIN)	-1.588E-04	3.276E-04	3.404E-04	-1.588E-04	-1.401E-04

TIME = 0.1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.05324	550.000	2937.759	443.883	2774.340
	(STRAIN)	1.420E-04	-1.839E-04	1.649E-04	-1.839E-04	1.420E-04
1	3.00000	0.05305	389.977	595.316	381.450	552.185
	(STRAIN)	1.494E-05	-6.555E-06	2.217E-05	-7.748E-06	1.613E-05
1	6.49900	0.05272	166.989	167.119	-2938.740	-2463.761
	(STRAIN)	-1.794E-04	2.067E-04	2.068E-04	-1.794E-04	-1.203E-04
1	6.50100	0.05272	167.013	169.727	34.336	41.248
	(STRAIN)	-1.796E-04	6.346E-04	6.512E-04	-1.796E-04	-1.372E-04
1	31.50000	0.04190	49.480	51.884	-30.327	-23.729
	(STRAIN)	-1.826E-04	3.071E-04	3.218E-04	-1.826E-04	-1.422E-04
1	46.49900	0.03725	28.341	28.737	-35.974	-29.915
	(STRAIN)	-2.092E-04	3.015E-04	3.047E-04	-2.092E-04	-1.611E-04
1	46.50100	0.03725	28.340	29.212	0.450	1.865
	(STRAIN)	-2.092E-04	4.159E-04	4.354E-04	-2.092E-04	-1.775E-04

TIME = 0.3

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.06099	550.000	2134.843	587.215	2057.237
	(STRAIN)	2.677E-04	-3.012E-04	2.977E-04	-3.012E-04	2.677E-04
1	3.00000	0.06001	430.951	512.310	429.067	481.184
	(STRAIN)	2.819E-05	9.482E-06	4.097E-05	8.753E-06	2.892E-05
1	6.49900	0.05941	250.788	251.017	-1598.818	-1369.423
	(STRAIN)	-2.829E-04	3.533E-04	3.534E-04	-2.829E-04	-2.040E-04
1	6.50100	0.05941	250.730	252.650	46.178	57.133
	(STRAIN)	-2.829E-04	9.723E-04	9.841E-04	-2.829E-04	-2.157E-04
1	31.50000	0.04470	59.635	62.561	-35.785	-26.452
	(STRAIN)	-2.201E-04	3.654E-04	3.834E-04	-2.201E-04	-1.628E-04
1	46.49900	0.03935	31.892	32.377	-41.375	-33.459
	(STRAIN)	-2.412E-04	3.407E-04	3.445E-04	-2.412E-04	-1.783E-04
1	46.50100	0.03935	31.890	32.953	0.159	2.073
	(STRAIN)	-2.412E-04	4.700E-04	4.938E-04	-2.412E-04	-1.983E-04

TIME = 1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.06765	550.000	1363.981	587.216	1326.587
	(STRAIN)	3.859E-04	-3.455E-04	4.229E-04	-3.455E-04	3.859E-04
1	3.00000	0.06650	475.015	475.173	433.676	454.964
	(STRAIN)	4.372E-05	8.444E-05	8.459E-05	4.354E-05	6.460E-05
1	6.49900	0.06545	339.950	340.230	-703.811	-616.014
	(STRAIN)	-3.728E-04	5.450E-04	5.453E-04	-3.728E-04	-2.956E-04
1	6.50100	0.06545	339.908	340.916	63.606	75.225
	(STRAIN)	-3.729E-04	1.323E-03	1.329E-03	-3.729E-04	-3.016E-04
1	31.50000	0.04713	67.739	70.849	-38.150	-26.852
	(STRAIN)	-2.434E-04	4.064E-04	4.255E-04	-2.434E-04	-1.741E-04
1	46.49900	0.04129	34.730	35.266	-44.368	-35.187
	(STRAIN)	-2.612E-04	3.670E-04	3.712E-04	-2.612E-04	-1.882E-04
1	46.50100	0.04129	34.728	35.901	0.510	2.780
	(STRAIN)	-2.612E-04	5.057E-04	5.320E-04	-2.612E-04	-2.103E-04

Lanjutan Lampiran 5 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2 HRS dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 3

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.07306	550.000	1290.955	750.838	1265.203
	(STRAIN)	5.144E-04	-3.116E-04	5.558E-04	-3.116E-04	5.144E-04
1	3.00000	0.06987	496.170	496.238	411.682	428.520
	(STRAIN)	4.806E-05	1.836E-04	1.837E-04	4.792E-05	7.496E-05
1	6.49900	0.06844	383.718	384.004	-366.259	-318.822
	(STRAIN)	-4.002E-04	6.708E-04	6.712E-04	-4.002E-04	-3.324E-04
1	6.50100	0.06843	383.617	384.297	77.096	87.527
	(STRAIN)	-4.002E-04	1.481E-03	1.485E-03	-4.002E-04	-3.362E-04
1	31.50000	0.04846	71.593	74.743	-38.373	-26.356
	(STRAIN)	-2.514E-04	4.234E-04	4.427E-04	-2.514E-04	-1.777E-04
1	46.49900	0.04242	36.228	36.784	-45.448	-35.753
	(STRAIN)	-2.695E-04	3.791E-04	3.836E-04	-2.695E-04	-1.925E-04
1	46.50100	0.04241	36.226	37.444	0.912	3.327
	(STRAIN)	-2.695E-04	5.220E-04	5.492E-04	-2.695E-04	-2.154E-04

TIME = 10

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.07382	550.000	1241.968	750.837	1217.907
	(STRAIN)	5.260E-04	-2.914E-04	5.681E-04	-2.914E-04	5.260E-04
1	3.00000	0.07047	499.679	499.752	407.887	423.978
	(STRAIN)	4.810E-05	2.086E-04	2.088E-04	4.799E-05	7.615E-05
1	6.49900	0.06895	390.904	391.191	-315.397	-273.235
	(STRAIN)	-4.028E-04	6.958E-04	6.962E-04	-4.028E-04	-3.372E-04
1	6.50100	0.06894	390.798	391.432	79.884	90.016
	(STRAIN)	-4.028E-04	1.505E-03	1.509E-03	-4.028E-04	-3.407E-04
1	31.50000	0.04870	72.259	75.416	-38.356	-26.231
	(STRAIN)	-2.526E-04	4.262E-04	4.456E-04	-2.526E-04	-1.782E-04
1	46.49900	0.04262	36.500	37.060	-45.624	-35.843
	(STRAIN)	-2.709E-04	3.813E-04	3.857E-04	-2.709E-04	-1.932E-04
1	46.50100	0.04262	36.498	37.724	0.994	3.432
	(STRAIN)	-2.709E-04	5.248E-04	5.523E-04	-2.709E-04	-2.162E-04

TIME = 30

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.07382	550.000	1241.968	750.837	1217.907
	(STRAIN)	5.260E-04	-2.914E-04	5.681E-04	-2.914E-04	5.260E-04
1	3.00000	0.07047	499.679	499.752	407.887	423.978
	(STRAIN)	4.810E-05	2.086E-04	2.088E-04	4.799E-05	7.615E-05
1	6.49900	0.06895	390.904	391.191	-315.397	-273.235
	(STRAIN)	-4.028E-04	6.958E-04	6.962E-04	-4.028E-04	-3.372E-04
1	6.50100	0.06894	390.798	391.432	79.884	90.016
	(STRAIN)	-4.028E-04	1.505E-03	1.509E-03	-4.028E-04	-3.407E-04
1	31.50000	0.04870	72.259	75.416	-38.356	-26.231
	(STRAIN)	-2.526E-04	4.262E-04	4.456E-04	-2.526E-04	-1.782E-04
1	46.49900	0.04262	36.500	37.060	-45.624	-35.843
	(STRAIN)	-2.709E-04	3.813E-04	3.857E-04	-2.709E-04	-1.932E-04
1	46.50100	0.04262	36.498	37.724	0.994	3.432
	(STRAIN)	-2.709E-04	5.248E-04	5.523E-04	-2.709E-04	-2.162E-04

Lanjutan Lampiran 5 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2 HRS dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 100

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.07382	550.000	1241.968	750.837	1217.907
	(STRAIN)	5.260E-04	-2.914E-04	5.681E-04	-2.914E-04	5.260E-04
1	3.00000	0.07047	499.679	499.752	407.887	423.978
	(STRAIN)	4.810E-05	2.086E-04	2.088E-04	4.799E-05	7.615E-05
1	6.49900	0.06895	390.904	391.191	-315.397	-273.235
	(STRAIN)	-4.028E-04	6.958E-04	6.962E-04	-4.028E-04	-3.372E-04
1	6.50100	0.06894	390.798	391.432	79.884	90.016
	(STRAIN)	-4.028E-04	1.505E-03	1.509E-03	-4.028E-04	-3.407E-04
1	31.50000	0.04870	72.259	75.416	-38.356	-26.231
	(STRAIN)	-2.526E-04	4.262E-04	4.456E-04	-2.526E-04	-1.782E-04
1	46.49900	0.04262	36.500	37.060	-45.624	-35.843
	(STRAIN)	-2.709E-04	3.813E-04	3.857E-04	-2.709E-04	-1.932E-04
1	46.50100	0.04262	36.498	37.724	0.994	3.432
	(STRAIN)	-2.709E-04	5.248E-04	5.523E-04	-2.709E-04	-2.162E-04

TIME = 0.001

2	0.00000	0.02048	550.000	8712.921	84.075	8526.531
	(STRAIN)	5.213E-06	-7.091E-06	5.485E-06	-7.091E-06	5.213E-06
2	3.00000	0.02073	241.630	1333.982	153.815	1287.362
	(STRAIN)	5.926E-07	-8.034E-07	7.886E-07	-9.314E-07	7.206E-07
2	6.49900	0.02072	13.028	13.028	-13120.700	-11232.470
	(STRAIN)	-7.987E-06	9.025E-06	9.025E-06	-7.987E-06	-5.541E-06
2	6.50100	0.02072	13.025	13.042	4.525	4.909
	(STRAIN)	-7.990E-06	4.417E-05	4.427E-05	-7.990E-06	-5.634E-06
2	31.50000	0.01957	8.240	8.254	-3.468	-3.194
	(STRAIN)	-2.382E-05	4.803E-05	4.812E-05	-2.382E-05	-2.213E-05
2	46.49900	0.01873	6.677	6.680	-4.776	-4.548
	(STRAIN)	-3.249E-05	5.846E-05	5.849E-05	-3.249E-05	-3.067E-05
2	46.50100	0.01873	6.676	6.684	1.708	1.783
	(STRAIN)	-3.249E-05	7.886E-05	7.903E-05	-3.249E-05	-3.082E-05

TIME = 0.003

2	0.00000	0.02793	550.000	8022.208	166.228	7651.737
	(STRAIN)	1.365E-05	-1.904E-05	1.527E-05	-1.904E-05	1.365E-05
2	3.00000	0.02813	247.844	1090.929	130.986	1078.120
	(STRAIN)	1.328E-06	-1.788E-06	1.895E-06	-2.298E-06	1.839E-06
2	6.49900	0.02809	26.784	26.784	-10265.570	-8438.143
	(STRAIN)	-1.914E-05	2.082E-05	2.082E-05	-1.914E-05	-1.204E-05
2	6.50100	0.02809	26.770	26.809	8.563	9.688
	(STRAIN)	-1.914E-05	9.258E-05	9.282E-05	-1.914E-05	-1.223E-05
2	31.50000	0.02582	14.902	14.943	-7.445	-6.718
	(STRAIN)	-4.693E-05	9.020E-05	9.046E-05	-4.693E-05	-4.247E-05
2	46.49900	0.02429	11.224	11.233	-9.922	-9.335
	(STRAIN)	-6.227E-05	1.057E-04	1.057E-04	-6.227E-05	-5.761E-05
2	46.50100	0.02429	11.224	11.244	2.030	2.221
	(STRAIN)	-6.227E-05	1.438E-04	1.442E-04	-6.227E-05	-5.800E-05

TIME = 0.01

2	0.00000	0.03706	550.000	5692.019	184.224	5231.448
	(STRAIN)	2.988E-05	-4.340E-05	3.656E-05	-4.340E-05	2.988E-05
2	3.00000	0.03741	260.584	895.185	92.627	846.637
	(STRAIN)	2.949E-06	-3.826E-06	5.387E-06	-6.265E-06	4.682E-06
2	6.49900	0.03733	54.768	54.768	-7202.285	-5507.960
	(STRAIN)	-4.628E-05	4.736E-05	4.736E-05	-4.628E-05	-2.442E-05
2	6.50100	0.03733	54.765	54.816	15.738	19.251
	(STRAIN)	-4.630E-05	1.932E-04	1.935E-04	-4.630E-05	-2.474E-05
2	31.50000	0.03293	26.082	26.196	-14.546	-12.618
	(STRAIN)	-8.772E-05	1.616E-04	1.623E-04	-8.772E-05	-7.589E-05
2	46.49900	0.03029	17.828	17.850	-18.759	-17.293
	(STRAIN)	-1.115E-04	1.791E-04	1.792E-04	-1.115E-04	-9.985E-05
2	46.50100	0.03029	17.828	17.878	1.902	2.379
	(STRAIN)	-1.115E-04	2.454E-04	2.465E-04	-1.115E-04	-1.008E-04

Lanjutan Lampiran 5 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2 HRS dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  0.03
  2       0.00000    0.04582     550.000    4241.982     275.410    3807.884
          (STRAIN)   6.173E-05  -9.084E-05   8.048E-05  -9.084E-05   6.173E-05
  2       3.00000    0.04604     278.627     786.429      48.379     659.086
          (STRAIN)   5.587E-06  -6.401E-06   1.553E-05  -1.635E-05   1.003E-05
  2       6.49900    0.04590      94.874      94.875   -4684.386   -3207.854
          (STRAIN)  -9.430E-05   8.916E-05   8.916E-05  -9.430E-05  -3.762E-05
  2       6.50100    0.04590      94.873      94.875      24.128      33.364
          (STRAIN)  -9.434E-05   3.398E-04   3.398E-04  -9.434E-05  -3.767E-05
  2      31.50000    0.03869      39.128      39.354     -22.998     -18.826
          (STRAIN)  -1.372E-04   2.440E-04   2.454E-04  -1.372E-04  -1.116E-04
  2      46.49900    0.03485      24.333      24.374     -28.611     -25.700
          (STRAIN)  -1.656E-04   2.549E-04   2.552E-04  -1.656E-04  -1.425E-04
  2      46.50100    0.03485      24.332      24.424       1.287       2.241
          (STRAIN)  -1.656E-04   3.509E-04   3.530E-04  -1.656E-04  -1.442E-04


TIME =  0.1
  2       0.00000    0.05443     550.000    2708.192     346.870    2349.399
          (STRAIN)   1.126E-04  -1.675E-04   1.628E-04  -1.675E-04   1.126E-04
  2       3.00000    0.05438     303.926     716.781      15.210     504.826
          (STRAIN)   1.045E-05  -6.917E-06   5.083E-05  -4.730E-05   2.118E-05
  2       6.49900    0.05414     149.518     149.556   -2506.246   -1382.709
          (STRAIN)  -1.788E-04   1.514E-04   1.514E-04  -1.788E-04  -3.908E-05
  2       6.50100    0.05414     149.535     150.105      32.236      54.418
          (STRAIN)  -1.789E-04   5.409E-04   5.444E-04  -1.789E-04  -4.273E-05
  2      31.50000    0.04344      53.572      53.915     -32.294     -24.116
          (STRAIN)  -1.942E-04   3.327E-04   3.348E-04  -1.942E-04  -1.440E-04
  2      46.49900    0.03840      30.409      30.471     -38.478     -33.407
          (STRAIN)  -2.203E-04   3.267E-04   3.272E-04  -2.203E-04  -1.800E-04
  2      46.50100    0.03840      30.407      30.546       0.452       2.132
          (STRAIN)  -2.203E-04   4.510E-04   4.542E-04  -2.203E-04  -1.827E-04


TIME =  0.3
  2       0.00000    0.06087     550.000    1652.047     353.797    1371.225
          (STRAIN)   1.572E-04  -2.365E-04   2.659E-04  -2.365E-04   1.572E-04
  2       3.00000    0.06014     325.467     661.321      23.773     408.717
          (STRAIN)   1.823E-05   5.011E-06   1.350E-04  -1.117E-04   3.723E-05
  2       6.49900    0.05980     195.655     196.821   -1195.849    -443.271
          (STRAIN)  -2.696E-04   2.091E-04   2.095E-04  -2.696E-04  -1.073E-05
  2       6.50100    0.05979     195.620     201.602      36.817      73.117
          (STRAIN)  -2.697E-04   7.048E-04   7.415E-04  -2.697E-04  -4.695E-05
  2      31.50000    0.04649      63.941      64.307     -38.291     -25.768
          (STRAIN)  -2.354E-04   3.920E-04   3.942E-04  -2.354E-04  -1.585E-04
  2      46.49900    0.04068      34.376      34.450     -44.511     -37.502
          (STRAIN)  -2.555E-04   3.709E-04   3.715E-04  -2.555E-04  -1.999E-04
  2      46.50100    0.04068      34.374      34.541       0.116       2.460
          (STRAIN)  -2.555E-04   5.122E-04   5.159E-04  -2.555E-04  -2.030E-04


TIME =  1
  2       0.00000    0.06573     550.000     976.724     353.797     828.288
          (STRAIN)   2.092E-04  -2.602E-04   3.560E-04  -2.602E-04   2.092E-04
  2       3.00000    0.06440     341.354     593.734      63.535     339.939
          (STRAIN)   3.066E-05   5.583E-05   3.055E-04  -2.190E-04   5.443E-05
  2       6.49900    0.06390     229.415     242.484    -453.598     -32.264
          (STRAIN)  -3.377E-04   2.629E-04   2.744E-04  -3.377E-04   3.278E-05
  2       6.50100    0.06390     229.379     252.481      42.698      81.878
          (STRAIN)  -3.379E-04   8.077E-04   9.495E-04  -3.379E-04  -9.743E-05
  2      31.50000    0.04904      71.310      71.630     -40.829     -24.517
          (STRAIN)  -2.605E-04   4.276E-04   4.295E-04  -2.605E-04  -1.604E-04
  2      46.49900    0.04276      37.444      37.523     -47.852     -39.359
          (STRAIN)  -2.777E-04   3.996E-04   4.003E-04  -2.777E-04  -2.103E-04
  2      46.50100    0.04276      37.441      37.620       0.451       3.310
          (STRAIN)  -2.777E-04   5.513E-04   5.553E-04  -2.777E-04  -2.136E-04
```

Lanjutan Lampiran 5 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2 HRS dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  3
  2       0.00000    0.06876     550.000     818.836     388.474     682.235
          (STRAIN)   2.286E-04  -2.431E-04   4.480E-04  -2.431E-04   2.286E-04
  2       3.00000    0.06641     348.172     554.984      88.670     308.346
          (STRAIN)   3.771E-05   1.223E-04   4.544E-04  -2.944E-04   5.837E-05
  2       6.49900    0.06575     243.297     274.843    -215.605      54.828
          (STRAIN)  -3.544E-04   3.009E-04   3.459E-04  -3.544E-04   3.176E-05
  2       6.50100    0.06575     243.244     280.084      48.835      82.319
          (STRAIN)  -3.546E-04   8.384E-04   1.064E-03  -3.546E-04  -1.491E-04
  2      31.50000    0.05042      74.624      74.911     -41.023     -23.069
          (STRAIN)  -2.689E-04   4.407E-04   4.425E-04  -2.689E-04  -1.588E-04
  2      46.49900    0.04394      39.038      39.119     -49.050     -39.928
          (STRAIN)  -2.869E-04   4.127E-04   4.133E-04  -2.869E-04  -2.144E-04
  2      46.50100    0.04394      39.036      39.219       0.861       3.939
          (STRAIN)  -2.869E-04   5.687E-04   5.728E-04  -2.869E-04  -2.179E-04


TIME =  10
  2       0.00000    0.06921     550.000     782.380     388.474     654.862
          (STRAIN)   2.332E-04  -2.330E-04   4.563E-04  -2.330E-04   2.332E-04
  2       3.00000    0.06677     349.232     548.215      92.970     303.000
          (STRAIN)   3.883E-05   1.391E-04   4.873E-04  -3.094E-04   5.816E-05
  2       6.49900    0.06606     245.548     281.133    -181.985      64.053
          (STRAIN)  -3.556E-04   3.094E-04   3.647E-04  -3.556E-04   2.710E-05
  2       6.50100    0.06606     245.492     284.949      50.251      82.229
          (STRAIN)  -3.557E-04   8.423E-04   1.084E-03  -3.557E-04  -1.595E-04
  2      31.50000    0.05068      75.195      75.475     -40.995     -22.776
          (STRAIN)  -2.702E-04   4.428E-04   4.445E-04  -2.702E-04  -1.584E-04
  2      46.49900    0.04416      39.328      39.409     -49.244     -40.019
          (STRAIN)  -2.884E-04   4.149E-04   4.156E-04  -2.884E-04  -2.152E-04
  2      46.50100    0.04416      39.325      39.509       0.945       4.060
          (STRAIN)  -2.884E-04   5.717E-04   5.758E-04  -2.884E-04  -2.186E-04


TIME =  30
  2       0.00000    0.06921     550.000     782.380     388.474     654.862
          (STRAIN)   2.332E-04  -2.330E-04   4.563E-04  -2.330E-04   2.332E-04
  2       3.00000    0.06677     349.232     548.215      92.970     303.000
          (STRAIN)   3.883E-05   1.391E-04   4.873E-04  -3.094E-04   5.816E-05
  2       6.49900    0.06606     245.548     281.133    -181.985      64.053
          (STRAIN)  -3.556E-04   3.094E-04   3.647E-04  -3.556E-04   2.710E-05
  2       6.50100    0.06606     245.492     284.949      50.251      82.229
          (STRAIN)  -3.557E-04   8.423E-04   1.084E-03  -3.557E-04  -1.595E-04
  2      31.50000    0.05068      75.195      75.475     -40.995     -22.776
          (STRAIN)  -2.702E-04   4.428E-04   4.445E-04  -2.702E-04  -1.584E-04
  2      46.49900    0.04416      39.328      39.409     -49.244     -40.019
          (STRAIN)  -2.884E-04   4.149E-04   4.156E-04  -2.884E-04  -2.152E-04
  2      46.50100    0.04416      39.325      39.509       0.945       4.060
          (STRAIN)  -2.884E-04   5.717E-04   5.758E-04  -2.884E-04  -2.186E-04


TIME =  100
  2       0.00000    0.06921     550.000     782.380     388.474     654.862
          (STRAIN)   2.332E-04  -2.330E-04   4.563E-04  -2.330E-04   2.332E-04
  2       3.00000    0.06677     349.232     548.215      92.970     303.000
          (STRAIN)   3.883E-05   1.391E-04   4.873E-04  -3.094E-04   5.816E-05
  2       6.49900    0.06606     245.548     281.133    -181.985      64.053
          (STRAIN)  -3.556E-04   3.094E-04   3.647E-04  -3.556E-04   2.710E-05
  2       6.50100    0.06606     245.492     284.949      50.251      82.229
          (STRAIN)  -3.557E-04   8.423E-04   1.084E-03  -3.557E-04  -1.595E-04
  2      31.50000    0.05068      75.195      75.475     -40.995     -22.776
          (STRAIN)  -2.702E-04   4.428E-04   4.445E-04  -2.702E-04  -1.584E-04
  2      46.49900    0.04416      39.328      39.409     -49.244     -40.019
          (STRAIN)  -2.884E-04   4.149E-04   4.156E-04  -2.884E-04  -2.152E-04
  2      46.50100    0.04416      39.325      39.509       0.945       4.060
          (STRAIN)  -2.884E-04   5.717E-04   5.758E-04  -2.884E-04  -2.186E-04
```

Lanjutan Lampiran 5 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2 HRS dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  0.001
  3       0.00000    0.02068       0.000    9505.541     104.747    9221.658
          (STRAIN)   5.598E-06  -7.689E-06   6.012E-06  -7.689E-06   5.598E-06
  3       3.00000    0.02083      -2.605    1228.118      -2.605    1119.668
          (STRAIN)   6.553E-07  -9.803E-07   8.133E-07  -9.803E-07   6.553E-07
  3       6.49900    0.02082      12.921      12.921  -12711.220  -10426.730
          (STRAIN)  -7.906E-06   8.575E-06   8.575E-06  -7.906E-06  -4.947E-06
  3       6.50100    0.02082      12.925      12.925       4.539       5.020
          (STRAIN)  -7.917E-06   4.354E-05   4.354E-05  -7.917E-06  -4.967E-06
  3      31.50000    0.01967       8.288       8.288      -3.458      -3.186
          (STRAIN)  -2.383E-05   4.824E-05   4.824E-05  -2.383E-05  -2.217E-05
  3      46.49900    0.01883       6.709       6.709      -4.770      -4.559
          (STRAIN)  -3.249E-05   5.867E-05   5.867E-05  -3.249E-05  -3.081E-05
  3      46.50100    0.01883       6.709       6.709       1.729       1.804
          (STRAIN)  -3.249E-05   7.913E-05   7.913E-05  -3.249E-05  -3.081E-05


TIME =  0.003
  3       0.00000    0.02777       0.000    6942.727     104.747    6693.447
          (STRAIN)   1.209E-05  -1.669E-05   1.318E-05  -1.669E-05   1.209E-05
  3       3.00000    0.02820       3.462     985.872       3.462     881.856
          (STRAIN)   1.517E-06  -2.320E-06   1.971E-06  -2.320E-06   1.517E-06
  3       6.49900    0.02817      26.414      26.414   -9861.094   -7627.318
          (STRAIN)  -1.891E-05   1.947E-05   1.947E-05  -1.891E-05  -1.024E-05
  3       6.50100    0.02817      26.411      26.411       8.578       9.992
          (STRAIN)  -1.892E-05   9.051E-05   9.051E-05  -1.892E-05  -1.025E-05
  3      31.50000    0.02589      15.005      15.005      -7.475      -6.748
          (STRAIN)  -4.711E-05   9.083E-05   9.083E-05  -4.711E-05  -4.265E-05
  3      46.49900    0.02435      11.279      11.279      -9.970      -9.424
          (STRAIN)  -6.246E-05   1.063E-04   1.063E-04  -6.246E-05  -5.813E-05
  3      46.50100    0.02435      11.279      11.279       2.038       2.232
          (STRAIN)  -6.247E-05   1.446E-04   1.446E-04  -6.247E-05  -5.813E-05


TIME =  0.01
  3       0.00000    0.03724       0.000    5792.708     188.192    5330.483
          (STRAIN)   3.047E-05  -4.419E-05   3.718E-05  -4.419E-05   3.047E-05
  3       3.00000    0.03752      15.770     740.109      15.770     645.820
          (STRAIN)   3.562E-06  -5.585E-06   4.931E-06  -5.585E-06   3.562E-06
  3       6.49900    0.03745      53.352      53.352   -6783.949   -4679.191
          (STRAIN)  -4.547E-05   4.275E-05   4.275E-05  -4.547E-05  -1.831E-05
  3       6.50100    0.03745      53.350      53.350      15.714      20.141
          (STRAIN)  -4.549E-05   1.855E-04   1.855E-04  -4.549E-05  -1.832E-05
  3      31.50000    0.03306      26.344      26.344      -14.652     -12.691
          (STRAIN)  -8.832E-05   1.632E-04   1.632E-04  -8.832E-05  -7.629E-05
  3      46.49900    0.03039      17.973      17.973      -18.911     -17.536
          (STRAIN)  -1.121E-04   1.808E-04   1.808E-04  -1.121E-04  -1.012E-04
  3      46.50100    0.03039      17.972      17.972       1.911       2.399
          (STRAIN)  -1.121E-04   2.478E-04   2.478E-04  -1.121E-04  -1.012E-04


TIME =  0.03
  3       0.00000    0.04610       0.000    4287.723     252.729    3651.684
          (STRAIN)   5.663E-05  -9.018E-05   8.410E-05  -9.018E-05   5.663E-05
  3       3.00000    0.04614      32.317     550.096      32.317     472.108
          (STRAIN)   7.378E-06  -1.162E-05   1.075E-05  -1.162E-05   7.378E-06
  3       6.49900    0.04603      89.992      89.992   -4249.006   -2361.814
          (STRAIN)  -9.159E-05   7.498E-05   7.498E-05  -9.159E-05  -1.914E-05
  3       6.50100    0.04603      89.988      89.988      23.802      35.612
          (STRAIN)  -9.163E-05   3.145E-04   3.145E-04  -9.163E-05  -1.916E-05
  3      31.50000    0.03890      39.595      39.595      -23.208     -18.904
          (STRAIN)  -1.384E-04   2.470E-04   2.470E-04  -1.384E-04  -1.120E-04
  3      46.49900    0.03501      24.592      24.592      -28.904     -26.139
          (STRAIN)  -1.668E-04   2.580E-04   2.580E-04  -1.668E-04  -1.449E-04
  3      46.50100    0.03501      24.591      24.591       1.295       2.275
          (STRAIN)  -1.668E-04   3.552E-04   3.552E-04  -1.668E-04  -1.449E-04
```

Lanjutan Lampiran 5 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2 HRS dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  0.1
  3       0.00000    0.05426       0.000    2387.705     252.729    1970.829
          (STRAIN)   9.138E-05  -1.489E-04   1.497E-04  -1.489E-04   9.138E-05
  3       3.00000    0.05416      51.190     391.946      51.190     342.160
          (STRAIN)   1.648E-05  -2.422E-05   2.344E-05  -2.422E-05   1.648E-05
  3       6.49900    0.05401     132.565     132.565   -2081.529    -577.602
          (STRAIN)  -1.691E-04   1.062E-04   1.062E-04  -1.691E-04   1.794E-05
  3       6.50100    0.05401     132.417     132.417      30.538      61.152
          (STRAIN)  -1.691E-04   4.560E-04   4.560E-04  -1.691E-04   1.872E-05
  3      31.50000    0.04372      54.167      54.167      -32.635     -24.054
          (STRAIN)  -1.962E-04   3.364E-04   3.364E-04  -1.962E-04  -1.436E-04
  3      46.49900    0.03861      30.792      30.792      -38.942     -34.046
          (STRAIN)  -2.224E-04   3.314E-04   3.314E-04  -2.224E-04  -1.835E-04
  3      46.50100    0.03861      30.790      30.790        0.452       2.188
          (STRAIN)  -2.224E-04   4.575E-04   4.575E-04  -2.224E-04  -1.835E-04


TIME =  0.3
  3       0.00000    0.05968       0.000    1311.418     252.729    1077.065
          (STRAIN)   1.248E-04  -1.942E-04   2.155E-04  -1.942E-04   1.248E-04
  3       3.00000    0.05904      58.845     291.081      58.845     274.115
          (STRAIN)   3.708E-05  -4.622E-05   4.364E-05  -4.622E-05   3.708E-05
  3       6.49900    0.05894     152.343     241.321     -833.563     152.343
          (STRAIN)  -2.435E-04   9.564E-05   1.262E-04  -2.435E-04   9.564E-05
  3       6.50100    0.05894     152.291     152.291      32.036      92.351
          (STRAIN)  -2.436E-04   4.943E-04   4.943E-04  -2.436E-04   1.265E-04
  3      31.50000    0.04681      64.339      64.339      -38.696     -25.338
          (STRAIN)  -2.379E-04   3.943E-04   3.943E-04  -2.379E-04  -1.560E-04
  3      46.49900    0.04093      34.827      34.827      -45.086     -38.212
          (STRAIN)  -2.582E-04   3.764E-04   3.764E-04  -2.582E-04  -2.037E-04
  3      46.50100    0.04093      34.824      34.824        0.107       2.543
          (STRAIN)  -2.582E-04   5.198E-04   5.198E-04  -2.582E-04  -2.036E-04


TIME =  1
  3       0.00000    0.06434       0.000     847.376     276.442     630.311
          (STRAIN)   1.277E-04  -2.223E-04   3.425E-04  -2.223E-04   1.277E-04
  3       3.00000    0.06174      52.258     232.566      52.258     216.375
          (STRAIN)   7.239E-05  -8.996E-05   8.840E-05  -8.996E-05   7.239E-05
  3       6.49900    0.06182     143.483     457.224     -210.822     143.483
          (STRAIN)  -2.833E-04   2.822E-05   3.041E-04  -2.833E-04   2.822E-05
  3       6.50100    0.06182     143.430     143.431      32.887     128.690
          (STRAIN)  -2.834E-04   3.949E-04   3.949E-04  -2.834E-04   3.044E-04
  3      31.50000    0.04937      71.232      71.232      -41.208     -23.534
          (STRAIN)  -2.632E-04   4.268E-04   4.268E-04  -2.632E-04  -1.547E-04
  3      46.49900    0.04303      37.919      37.919      -48.475     -40.040
          (STRAIN)  -2.808E-04   4.053E-04   4.053E-04  -2.808E-04  -2.138E-04
  3      46.50100    0.04303      37.917      37.917        0.438       3.427
          (STRAIN)  -2.808E-04   5.592E-04   5.592E-04  -2.808E-04  -2.138E-04


TIME =  3
  3       0.00000    0.06630       0.000     640.324     276.442     493.976
          (STRAIN)   1.460E-04  -2.033E-04   3.810E-04  -2.033E-04   1.460E-04
  3       3.00000    0.06266      44.426     213.963      44.426     181.351
          (STRAIN)   8.946E-05  -1.304E-04   1.418E-04  -1.304E-04   8.946E-05
  3       6.49900    0.06291     130.061     435.920      -49.671     130.061
          (STRAIN)  -2.816E-04  -2.493E-05   4.118E-04  -2.816E-04  -2.493E-05
  3       6.50100    0.06291     129.982     148.657      35.558     129.983
          (STRAIN)  -2.817E-04   2.978E-04   4.124E-04  -2.817E-04   2.978E-04
  3      31.50000    0.05075      74.247      74.247      -41.359     -21.761
          (STRAIN)  -2.715E-04   4.379E-04   4.379E-04  -2.715E-04  -1.512E-04
  3      46.49900    0.04423      39.522      39.522      -49.686     -40.581
          (STRAIN)  -2.901E-04   4.183E-04   4.183E-04  -2.901E-04  -2.178E-04
  3      46.50100    0.04423      39.520      39.520        0.849       4.075
          (STRAIN)  -2.901E-04   5.766E-04   5.766E-04  -2.901E-04  -2.178E-04
```

Lanjutan Lampiran 5 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2 HRS dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  10
  3       0.00000    0.06664       0.000     610.215     276.442     474.365
          (STRAIN)   1.496E-04  -1.967E-04   3.874E-04  -1.967E-04   1.496E-04
  3       3.00000    0.06280      42.853     210.606      42.853     175.318
          (STRAIN)   9.242E-05  -1.394E-04   1.542E-04  -1.394E-04   9.242E-05
  3       6.49900    0.06308     127.313     426.727     -29.867     127.313
          (STRAIN)  -2.794E-04  -3.492E-05   4.308E-04  -2.794E-04  -3.492E-05
  3       6.50100    0.06308     127.229     152.125      36.290     127.229
          (STRAIN)  -2.795E-04   2.786E-04   4.313E-04  -2.795E-04   2.786E-04
  3      31.50000    0.05100      74.764      74.764     -41.322     -21.411
          (STRAIN)  -2.727E-04   4.396E-04   4.396E-04  -2.727E-04  -1.505E-04
  3      46.49900    0.04445      39.813      39.813     -49.881     -40.666
          (STRAIN)  -2.917E-04   4.206E-04   4.206E-04  -2.917E-04  -2.185E-04
  3      46.50100    0.04445      39.811      39.811       0.934       4.199
          (STRAIN)  -2.917E-04   5.796E-04   5.796E-04  -2.917E-04  -2.185E-04

TIME =  30
  3       0.00000    0.06664       0.000     610.215     276.442     474.365
          (STRAIN)   1.496E-04  -1.967E-04   3.874E-04  -1.967E-04   1.496E-04
  3       3.00000    0.06280      42.853     210.606      42.853     175.318
          (STRAIN)   9.242E-05  -1.394E-04   1.542E-04  -1.394E-04   9.242E-05
  3       6.49900    0.06308     127.313     426.727     -29.867     127.313
          (STRAIN)  -2.794E-04  -3.492E-05   4.308E-04  -2.794E-04  -3.492E-05
  3       6.50100    0.06308     127.229     152.125      36.290     127.229
          (STRAIN)  -2.795E-04   2.786E-04   4.313E-04  -2.795E-04   2.786E-04
  3      31.50000    0.05100      74.764      74.764     -41.322     -21.411
          (STRAIN)  -2.727E-04   4.396E-04   4.396E-04  -2.727E-04  -1.505E-04
  3      46.49900    0.04445      39.813      39.813     -49.881     -40.666
          (STRAIN)  -2.917E-04   4.206E-04   4.206E-04  -2.917E-04  -2.185E-04
  3      46.50100    0.04445      39.811      39.811       0.934       4.199
          (STRAIN)  -2.917E-04   5.796E-04   5.796E-04  -2.917E-04  -2.185E-04

TIME =  100
  3       0.00000    0.06664       0.000     610.215     276.442     474.365
          (STRAIN)   1.496E-04  -1.967E-04   3.874E-04  -1.967E-04   1.496E-04
  3       3.00000    0.06280      42.853     210.606      42.853     175.318
          (STRAIN)   9.242E-05  -1.394E-04   1.542E-04  -1.394E-04   9.242E-05
  3       6.49900    0.06308     127.313     426.727     -29.867     127.313
          (STRAIN)  -2.794E-04  -3.492E-05   4.308E-04  -2.794E-04  -3.492E-05
  3       6.50100    0.06308     127.229     152.125      36.290     127.229
          (STRAIN)  -2.795E-04   2.786E-04   4.313E-04  -2.795E-04   2.786E-04
  3      31.50000    0.05100      74.764      74.764     -41.322     -21.411
          (STRAIN)  -2.727E-04   4.396E-04   4.396E-04  -2.727E-04  -1.505E-04
  3      46.49900    0.04445      39.813      39.813     -49.881     -40.666
          (STRAIN)  -2.917E-04   4.206E-04   4.206E-04  -2.917E-04  -2.185E-04
  3      46.50100    0.04445      39.811      39.811       0.934       4.199
          (STRAIN)  -2.917E-04   5.796E-04   5.796E-04  -2.917E-04  -2.185E-04
```

Lampiran 6 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 3 *Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

```
INPUT FILE NAME  -C:\Soil Cement UCS 2.4.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED =  1

TITLE -Trial Soil Cement

MATL = 3 FOR VISCOELASTIC LAYERED SYSTEM
NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED
NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) =  1
NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) =  1
TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- =  0.001
NUMBER OF LAYERS (NL)------------- =  3
NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)------ =  5
LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- =  80
COMPUTING CODE (NSTD)------------- =  9
SYSTEM OF UNITS (NUNIT)------------=  1

Length and displacement in cm, stress and modulus in kPa
unit weight in kN/m^3, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 5  30
POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0.4  0.2  0.45
VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE:  0  4.999  5.001  34.999  35.001
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE :    1  1.100E+06   2  3.500E+05
   3  6.470E+04

LOAD GROUP NO. 1  HAS 2  CONTACT AREAS
CONTACT RADIUS (CR)--------------- =  11
CONTACT PRESSURE (CP)------------- =  550
NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- =  3
WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)------------------- =  0
WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)------------------- =  33

RESPONSE PT. NO. AND (XPT, YPT) ARE:  1   0.000   0.000  2   0.000  10.000
  3   0.000  16.500

DURATION OF MOVING LOAD (DUR) =  0
NUMBER OF VISCOELASTIC LAYER (NVL)         =  1
LAYER NUMBERS WHICH ARE VISCOELASTIC (LNV) =  1
CREEP TIMES (TYME) ARE: 0.001  0.003  0.01  0.03  0.1  0.3  1  3  10  30  100

FOR LAYER 1  TIME TEMPERATURE SHIFT FACTOR (BETA) =  0.113
REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) =  25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP. (TEMREF) OF 25  ARE:
  7.570E-10  2.269E-09  7.541E-09  2.244E-08  7.266E-08  2.010E-07  5.139E-07
  8.344E-07  9.089E-07  9.091E-07  9.091E-07

PERIOD NO.  1   LOAD GROUP NO.  1

TIME =  0.001

 POINT    VERTICAL   VERTICAL     VERTICAL      MAJOR       MINOR    INTERMEDIATE
                      DISPL.                  PRINCIPAL   PRINCIPAL   PRINCIPAL
  NO.    COORDINATE (HORIZONTAL   STRESS       STRESS      STRESS      STRESS
                     P. STRAIN)  (STRAIN)     (STRAIN)    (STRAIN)    (STRAIN)

  1       0.00000    0.02341     550.000    14615.580     153.633    14187.630
          (STRAIN)   6.268E-06  -8.605E-06   6.721E-06  -8.605E-06   6.268E-06
  1       4.99900    0.02356      21.154      21.155   -18925.630  -16878.270
          (STRAIN)  -9.222E-06   1.086E-05   1.086E-05  -9.222E-06  -7.053E-06
  1       5.00100    0.02356      21.151      21.777       1.410       1.418
          (STRAIN)  -9.224E-06   5.846E-05   6.060E-05  -9.225E-06  -9.199E-06
  1      34.99900    0.02213       9.301       9.328     -17.361     -15.742
          (STRAIN)  -4.594E-05   4.548E-05   4.557E-05  -4.594E-05  -4.039E-05
  1      35.00100    0.02213       9.301       9.399       2.412       2.566
          (STRAIN)  -4.594E-05   1.085E-04   1.107E-04  -4.594E-05  -4.249E-05
```

Lanjutan Lampiran 6 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 3 *Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 0.003

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.03050	550.000	10780.190	162.758	10178.930
	(STRAIN)	1.316E-05	-1.865E-05	1.507E-05	-1.865E-05	1.316E-05
1	4.99900	0.03070	43.360	43.365	-14133.350	-12315.830
	(STRAIN)	-2.093E-05	2.410E-05	2.410E-05	-2.093E-05	-1.516E-05
1	5.00100	0.03070	43.361	44.915	2.098	2.227
	(STRAIN)	-2.095E-05	1.205E-04	1.259E-04	-2.095E-05	-2.050E-05
1	34.99900	0.02804	15.019	15.085	-32.576	-28.661
	(STRAIN)	-8.532E-05	7.787E-05	7.809E-05	-8.532E-05	-7.189E-05
1	35.00100	0.02804	15.019	15.260	2.750	3.118
	(STRAIN)	-8.532E-05	1.896E-04	1.950E-04	-8.532E-05	-7.707E-05

TIME = 0.01

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.03833	550.000	7996.271	292.414	7620.137
	(STRAIN)	3.246E-05	-4.490E-05	3.643E-05	-4.490E-05	3.246E-05
1	4.99900	0.03844	87.019	87.052	-9289.861	-7897.118
	(STRAIN)	-4.650E-05	5.250E-05	5.250E-05	-4.650E-05	-3.179E-05
1	5.00100	0.03844	87.028	90.155	2.467	3.629
	(STRAIN)	-4.654E-05	2.434E-04	2.541E-04	-4.654E-05	-4.256E-05
1	34.99900	0.03375	22.351	22.494	-55.086	-46.373
	(STRAIN)	-1.437E-04	1.218E-04	1.222E-04	-1.437E-04	-1.139E-04
1	35.00100	0.03375	22.350	22.869	2.485	3.321
	(STRAIN)	-1.437E-04	3.014E-04	3.131E-04	-1.437E-04	-1.250E-04

TIME = 0.03

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04491	550.000	5900.958	443.883	5541.906
	(STRAIN)	6.741E-05	-9.275E-05	7.869E-05	-9.275E-05	6.741E-05
1	4.99900	0.04460	149.500	149.618	-5704.443	-4812.330
	(STRAIN)	-8.616E-05	9.775E-05	9.776E-05	-8.616E-05	-5.813E-05
1	5.00100	0.04460	149.491	153.540	1.703	5.831
	(STRAIN)	-8.620E-05	4.205E-04	4.344E-04	-8.620E-05	-7.205E-05
1	34.99900	0.03751	28.520	28.751	-76.192	-61.302
	(STRAIN)	-1.991E-04	1.599E-04	1.607E-04	-1.991E-04	-1.480E-04
1	35.00100	0.03751	28.519	29.341	1.805	3.296
	(STRAIN)	-1.991E-04	3.996E-04	4.180E-04	-1.991E-04	-1.657E-04

TIME = 0.1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.05119	550.000	3870.684	587.215	3709.836
	(STRAIN)	1.400E-04	-1.777E-04	1.564E-04	-1.777E-04	1.400E-04
1	4.99900	0.05032	244.794	245.074	-2892.896	-2497.427
	(STRAIN)	-1.447E-04	1.744E-04	1.745E-04	-1.447E-04	-1.045E-04
1	5.00100	0.05032	244.727	247.989	0.787	9.278
	(STRAIN)	-1.448E-04	6.916E-04	7.028E-04	-1.448E-04	-1.156E-04
1	34.99900	0.04026	33.697	33.998	-94.106	-72.626
	(STRAIN)	-2.468E-04	1.914E-04	1.924E-04	-2.468E-04	-1.732E-04
1	35.00100	0.04026	33.696	34.758	1.261	3.532
	(STRAIN)	-2.468E-04	4.801E-04	5.039E-04	-2.468E-04	-1.959E-04

Lanjutan Lampiran 6 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 3 *Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 0.3

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.05611	550.000	2334.146	587.215	2255.798
	(STRAIN)	2.185E-04	-2.510E-04	2.406E-04	-2.510E-04	2.185E-04
1	4.99900	0.05512	343.811	344.244	-1242.508	-1111.228
	(STRAIN)	-1.881E-04	2.583E-04	2.584E-04	-1.881E-04	-1.511E-04
1	5.00100	0.05512	343.750	345.671	6.320	15.217
	(STRAIN)	-1.882E-04	9.687E-04	9.753E-04	-1.882E-04	-1.577E-04
1	34.99900	0.04241	37.399	37.730	-104.064	-78.446
	(STRAIN)	-2.741E-04	2.110E-04	2.121E-04	-2.741E-04	-1.862E-04
1	35.00100	0.04241	37.397	38.558	1.605	4.414
	(STRAIN)	-2.741E-04	5.281E-04	5.541E-04	-2.741E-04	-2.111E-04

TIME = 1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.06202	550.000	1719.658	750.837	1676.459
	(STRAIN)	3.537E-04	-3.123E-04	3.848E-04	-3.123E-04	3.537E-04
1	4.99900	0.05979	425.297	425.914	-289.297	-263.796
	(STRAIN)	-1.820E-04	3.321E-04	3.326E-04	-1.820E-04	-1.636E-04
1	5.00100	0.05979	425.270	426.353	27.991	32.397
	(STRAIN)	-1.822E-04	1.180E-03	1.184E-03	-1.822E-04	-1.671E-04
1	34.99900	0.04496	41.136	41.485	-110.184	-81.836
	(STRAIN)	-2.918E-04	2.271E-04	2.283E-04	-2.918E-04	-1.946E-04
1	35.00100	0.04496	41.134	42.356	2.925	6.093
	(STRAIN)	-2.918E-04	5.645E-04	5.919E-04	-2.918E-04	-2.208E-04

TIME = 3

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.06539	550.000	1438.426	808.731	1405.963
	(STRAIN)	4.231E-04	-2.745E-04	4.610E-04	-2.745E-04	4.231E-04
1	4.99900	0.06226	455.805	456.531	8.016	10.855
	(STRAIN)	-1.493E-04	3.738E-04	3.746E-04	-1.493E-04	-1.460E-04
1	5.00100	0.06226	455.729	456.524	48.871	49.301
	(STRAIN)	-1.494E-04	1.246E-03	1.248E-03	-1.494E-04	-1.479E-04
1	34.99900	0.04656	43.417	43.776	-113.088	-83.420
	(STRAIN)	-3.005E-04	2.361E-04	2.374E-04	-3.005E-04	-1.987E-04
1	35.00100	0.04655	43.414	44.675	3.934	7.267
	(STRAIN)	-3.005E-04	5.843E-04	6.126E-04	-3.005E-04	-2.258E-04

TIME = 10

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.06597	550.000	1382.983	808.731	1352.074
	(STRAIN)	4.321E-04	-2.593E-04	4.714E-04	-2.593E-04	4.321E-04
1	4.99900	0.06269	460.225	460.969	48.453	48.686
	(STRAIN)	-1.413E-04	3.827E-04	3.837E-04	-1.413E-04	-1.410E-04
1	5.00100	0.06269	460.151	460.902	52.905	53.289
	(STRAIN)	-1.414E-04	1.254E-03	1.256E-03	-1.427E-04	-1.414E-04
1	34.99900	0.04685	43.844	44.206	-113.620	-83.713
	(STRAIN)	-3.021E-04	2.378E-04	2.391E-04	-3.021E-04	-1.995E-04
1	35.00100	0.04685	43.842	45.110	4.126	7.488
	(STRAIN)	-3.021E-04	5.880E-04	6.164E-04	-3.021E-04	-2.267E-04

Lanjutan Lampiran 6 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 3 *Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 30

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.06597	550.000	1382.838	808.731	1351.945
	(STRAIN)	4.321E-04	-2.593E-04	4.714E-04	-2.593E-04	4.321E-04
1	4.99900	0.06269	460.237	460.980	48.550	48.782
	(STRAIN)	-1.412E-04	3.827E-04	3.837E-04	-1.412E-04	-1.409E-04
1	5.00100	0.06269	460.162	460.913	52.914	53.301
	(STRAIN)	-1.413E-04	1.254E-03	1.256E-03	-1.427E-04	-1.413E-04
1	34.99900	0.04685	43.845	44.207	-113.621	-83.713
	(STRAIN)	-3.021E-04	2.378E-04	2.391E-04	-3.021E-04	-1.995E-04
1	35.00100	0.04685	43.843	45.111	4.126	7.489
	(STRAIN)	-3.021E-04	5.880E-04	6.164E-04	-3.021E-04	-2.267E-04

TIME = 100

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.06597	550.000	1382.838	808.731	1351.945
	(STRAIN)	4.321E-04	-2.593E-04	4.714E-04	-2.593E-04	4.321E-04
1	4.99900	0.06269	460.237	460.980	48.550	48.782
	(STRAIN)	-1.412E-04	3.827E-04	3.837E-04	-1.412E-04	-1.409E-04
1	5.00100	0.06269	460.162	460.913	52.914	53.301
	(STRAIN)	-1.413E-04	1.254E-03	1.256E-03	-1.427E-04	-1.413E-04
1	34.99900	0.04685	43.845	44.207	-113.621	-83.713
	(STRAIN)	-3.021E-04	2.378E-04	2.391E-04	-3.021E-04	-1.995E-04
1	35.00100	0.04685	43.843	45.111	4.126	7.489
	(STRAIN)	-3.021E-04	5.880E-04	6.164E-04	-3.021E-04	-2.267E-04

TIME = 0.001

2	0.00000	0.02376	550.000	15950.620	166.229	15272.770
	(STRAIN)	6.681E-06	-9.329E-06	7.400E-06	-9.329E-06	6.681E-06
2	4.99900	0.02385	21.541	21.541	-18870.260	-15868.100
	(STRAIN)	-9.486E-06	1.054E-05	1.054E-05	-9.486E-06	-6.305E-06
2	5.00100	0.02385	21.538	21.587	1.464	2.344
	(STRAIN)	-9.492E-06	5.933E-05	5.950E-05	-9.492E-06	-6.475E-06
2	34.99900	0.02236	9.592	9.596	-17.930	-16.740
	(STRAIN)	-4.715E-05	4.721E-05	4.723E-05	-4.715E-05	-4.306E-05
2	35.00100	0.02236	9.591	9.607	2.451	2.618
	(STRAIN)	-4.715E-05	1.129E-04	1.132E-04	-4.715E-05	-4.340E-05

TIME = 0.003

2	0.00000	0.03103	550.000	11266.240	166.229	10699.080
	(STRAIN)	1.390E-05	-1.956E-05	1.570E-05	-1.956E-05	1.390E-05
2	4.99900	0.03128	43.886	43.886	-13932.670	-11101.700
	(STRAIN)	-2.158E-05	2.282E-05	2.282E-05	-2.158E-05	-1.258E-05
2	5.00100	0.03128	43.885	43.977	2.182	4.714
	(STRAIN)	-2.159E-05	1.214E-04	1.217E-04	-2.159E-05	-1.291E-05
2	34.99900	0.02850	15.675	15.685	-33.948	-30.977
	(STRAIN)	-8.826E-05	8.188E-05	8.191E-05	-8.826E-05	-7.807E-05
2	35.00100	0.02850	15.674	15.713	2.815	3.233
	(STRAIN)	-8.826E-05	1.999E-04	2.008E-04	-8.826E-05	-7.890E-05

TIME = 0.01

2	0.00000	0.03940	550.000	8478.217	275.410	7655.330
	(STRAIN)	3.132E-05	-4.659E-05	4.001E-05	-4.659E-05	3.132E-05
2	4.99900	0.03944	85.486	85.486	-8844.963	-6375.755
	(STRAIN)	-4.773E-05	4.656E-05	4.656E-05	-4.773E-05	-2.166E-05
2	5.00100	0.03944	85.478	85.535	2.381	9.931
	(STRAIN)	-4.775E-05	2.372E-04	2.374E-04	-4.775E-05	-2.186E-05
2	34.99900	0.03456	23.671	23.693	-58.073	-51.083
	(STRAIN)	-1.503E-04	1.300E-04	1.301E-04	-1.503E-04	-1.263E-04
2	35.00100	0.03456	23.670	23.752	2.566	3.557

Lanjutan Lampiran 6 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 3 *Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  0.03
  2       0.00000    0.04594     550.000    5563.305     346.870    4842.501
          (STRAIN)   5.562E-05  -8.562E-05   7.826E-05  -8.562E-05   5.562E-05
  2       4.99900    0.04580     136.413     136.417   -5048.527   -3094.894
          (STRAIN)  -8.673E-05   7.616E-05   7.616E-05  -8.673E-05  -2.536E-05
  2       5.00100    0.04580     136.398     136.473      0.613      18.449
          (STRAIN)  -8.678E-05   3.788E-04   3.790E-04  -8.678E-05  -2.562E-05
  2      34.99900    0.03865      30.527      30.561     -81.108     -68.264
          (STRAIN)  -2.102E-04   1.726E-04   1.727E-04  -2.102E-04  -1.662E-04
  2      35.00100    0.03865      30.526      30.652      1.861       3.704
          (STRAIN)  -2.102E-04   4.322E-04   4.351E-04  -2.102E-04  -1.689E-04


TIME =  0.1
  2       0.00000    0.05157     550.000    3097.184     353.797    2555.464
          (STRAIN)   8.538E-05  -1.386E-04   1.405E-04  -1.386E-04   8.538E-05
  2       4.99900    0.05099     191.979     192.498   -2217.753    -957.982
          (STRAIN)  -1.389E-04   1.062E-04   1.063E-04  -1.389E-04  -1.074E-05
  2       5.00100    0.05099     191.989     195.586     -3.453      30.329
          (STRAIN)  -1.390E-04   5.311E-04   5.435E-04  -1.390E-04  -2.314E-05
  2      34.99900    0.04165      36.171      36.213     -100.735    -80.402
          (STRAIN)  -2.626E-04   2.068E-04   2.070E-04  -2.626E-04  -1.928E-04
  2      35.00100    0.04165      36.169      36.321      1.255       4.220
          (STRAIN)  -2.626E-04   5.199E-04   5.233E-04  -2.626E-04  -1.961E-04


TIME =  0.3
  2       0.00000    0.05547     550.000    1735.443     353.797    1449.743
          (STRAIN)   1.234E-04  -1.850E-04   2.038E-04  -1.850E-04   1.234E-04
  2       4.99900    0.05456     230.045     240.692    -799.384    -120.865
          (STRAIN)  -1.703E-04   1.194E-04   1.224E-04  -1.703E-04   2.063E-05
  2       5.00100    0.05456     230.016     248.980      -2.901      34.727
          (STRAIN)  -1.704E-04   6.282E-04   6.932E-04  -1.704E-04  -4.140E-05
  2      34.99900    0.04393      39.967      40.009     -111.395     -85.260
          (STRAIN)  -2.924E-04   2.265E-04   2.267E-04  -2.924E-04  -2.028E-04
  2      35.00100    0.04393      39.965      40.116      1.576       5.429
          (STRAIN)  -2.924E-04   5.679E-04   5.713E-04  -2.924E-04  -2.061E-04


TIME =  1
  2       0.00000    0.05951     550.000    1133.711     388.473     935.832
          (STRAIN)   1.680E-04  -2.258E-04   3.104E-04  -2.258E-04   1.680E-04
  2       4.99900    0.05795     257.203     327.721    -131.617     108.676
          (STRAIN)  -1.573E-04   1.224E-04   1.731E-04  -1.573E-04   1.554E-05
  2       5.00100    0.05795     257.133     303.291      11.717      30.845
          (STRAIN)  -1.575E-04   6.840E-04   8.422E-04  -1.575E-04  -9.188E-05
  2      34.99900    0.04660      43.744      43.784     -117.772     -87.374
          (STRAIN)  -3.116E-04   2.422E-04   2.423E-04  -3.116E-04  -2.074E-04
  2      35.00100    0.04660      43.742      43.887      2.944       7.456
          (STRAIN)  -3.116E-04   6.027E-04   6.060E-04  -3.116E-04  -2.105E-04


TIME =  3
  2       0.00000    0.06168     550.000     885.689     388.473     749.581
          (STRAIN)   2.002E-04  -2.216E-04   3.592E-04  -2.216E-04   2.002E-04
  2       4.99900    0.05992     269.815     374.882      49.948     129.805
          (STRAIN)  -1.268E-04   1.301E-04   2.528E-04  -1.268E-04  -3.348E-05
  2       5.00100    0.05992     269.729     330.896      27.692      29.606
          (STRAIN)  -1.269E-04   7.030E-04   9.127E-04  -1.269E-04  -1.203E-04
  2      34.99900    0.04829      46.092      46.132     -120.803     -88.424
          (STRAIN)  -3.210E-04   2.512E-04   2.514E-04  -3.210E-04  -2.100E-04
  2      35.00100    0.04829      46.090      46.233      4.007       8.823
          (STRAIN)  -3.210E-04   6.221E-04   6.253E-04  -3.210E-04  -2.131E-04


TIME =  10
  2       0.00000    0.06208     550.000     849.022     388.473     721.968
          (STRAIN)   2.063E-04  -2.181E-04   3.680E-04  -2.181E-04   2.063E-04
  2       4.99900    0.06028     271.993     381.618      73.572     131.182
          (STRAIN)  -1.196E-04   1.329E-04   2.724E-04  -1.196E-04  -4.626E-05
  2       5.00100    0.06028     271.893     335.538      29.661      31.153
          (STRAIN)  -1.197E-04   7.057E-04   9.239E-04  -1.248E-04  -1.197E-04
  2      34.99900    0.04860      46.536      46.576     -121.361     -88.635
          (STRAIN)  -3.227E-04   2.529E-04   2.531E-04  -3.227E-04  -2.105E-04
```

Lanjutan Lampiran 6 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 3 *Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  30
  2       0.00000    0.06209     550.000     848.932     388.474     721.896
          (STRAIN)   2.063E-04  -2.181E-04   3.680E-04  -2.181E-04   2.063E-04
  2       4.99900    0.06028     271.998     381.634      73.630     131.185
          (STRAIN)  -1.195E-04   1.329E-04   2.725E-04  -1.195E-04  -4.629E-05
  2       5.00100    0.06028     271.898     335.550      29.661      31.162
          (STRAIN)  -1.197E-04   7.057E-04   9.240E-04  -1.248E-04  -1.197E-04
  2      34.99900    0.04860      46.537      46.577    -121.362     -88.635
          (STRAIN)  -3.227E-04   2.529E-04   2.531E-04  -3.227E-04  -2.105E-04
  2      35.00100    0.04860      46.534      46.678       4.211       9.080
          (STRAIN)  -3.227E-04   6.258E-04   6.290E-04  -3.227E-04  -2.136E-04


TIME =  100
  2       0.00000    0.06209     550.000     848.932     388.474     721.896
          (STRAIN)   2.063E-04  -2.181E-04   3.680E-04  -2.181E-04   2.063E-04
  2       4.99900    0.06028     271.998     381.634      73.630     131.185
          (STRAIN)  -1.195E-04   1.329E-04   2.725E-04  -1.195E-04  -4.629E-05
  2       5.00100    0.06028     271.898     335.550      29.661      31.162
          (STRAIN)  -1.197E-04   7.057E-04   9.240E-04  -1.248E-04  -1.197E-04
  2      34.99900    0.04860      46.537      46.577    -121.362     -88.635
          (STRAIN)  -3.227E-04   2.529E-04   2.531E-04  -3.227E-04  -2.105E-04
  2      35.00100    0.04860      46.534      46.678       4.211       9.080
          (STRAIN)  -3.227E-04   6.258E-04   6.290E-04  -3.227E-04  -2.136E-04


TIME =  0.001
  3       0.00000    0.02370       0.000   14062.190     104.748   13601.560
          (STRAIN)   6.007E-06  -8.297E-06   6.495E-06  -8.297E-06   6.007E-06
  3       4.99900    0.02392      21.201      21.201  -18212.280  -14566.560
          (STRAIN)  -9.382E-06   9.941E-06   9.941E-06  -9.382E-06  -5.519E-06
  3       5.00100    0.02392      21.194      21.194       1.474       2.606
          (STRAIN)  -9.388E-06   5.822E-05   5.822E-05  -9.388E-06  -5.507E-06
  3      34.99900    0.02243       9.633       9.633     -17.990     -16.877
          (STRAIN)  -4.726E-05   4.745E-05   4.745E-05  -4.726E-05  -4.344E-05
  3      35.00100    0.02243       9.633       9.633       2.461       2.632
          (STRAIN)  -4.726E-05   1.135E-04   1.135E-04  -4.726E-05  -4.345E-05


TIME =  0.003
  3       0.00000    0.03126       0.000   12131.880     188.192   11261.170
          (STRAIN)   1.437E-05  -2.080E-05   1.714E-05  -2.080E-05   1.437E-05
  3       4.99900    0.03136      42.775      42.775  -13261.770   -9767.621
          (STRAIN)  -2.126E-05   2.100E-05   2.100E-05  -2.126E-05  -1.017E-05
  3       5.00100    0.03136      42.774      42.774       2.195       5.434
          (STRAIN)  -2.128E-05   1.179E-04   1.179E-04  -2.128E-05  -1.017E-05
  3      34.99900    0.02859      15.788      15.788     -34.190     -31.388
          (STRAIN)  -8.877E-05   8.258E-05   8.258E-05  -8.877E-05  -7.916E-05
  3      35.00100    0.02859      15.787      15.787       2.825       3.253
          (STRAIN)  -8.877E-05   2.017E-04   2.017E-04  -8.877E-05  -7.917E-05


TIME =  0.01
  3       0.00000    0.03925       0.000    7373.575     188.192    6722.081
          (STRAIN)   2.788E-05  -4.110E-05   3.476E-05  -4.110E-05   2.788E-05
  3       4.99900    0.03956      81.248      81.248   -8139.327   -5001.779
          (STRAIN)  -4.654E-05   4.025E-05   4.025E-05  -4.654E-05  -1.341E-05
  3       5.00100    0.03956      81.244      81.244       2.357      12.023
          (STRAIN)  -4.656E-05   2.239E-04   2.239E-04  -4.656E-05  -1.342E-05
  3      34.99900    0.03471      23.910      23.910     -58.624     -51.926
          (STRAIN)  -1.515E-04   1.315E-04   1.315E-04  -1.515E-04  -1.285E-04
  3      35.00100    0.03471      23.909      23.909       2.580       3.605
          (STRAIN)  -1.515E-04   3.265E-04   3.265E-04  -1.515E-04  -1.285E-04


TIME =  0.03
  3       0.00000    0.04595       0.000    5025.582     252.729    4192.114
          (STRAIN)   4.669E-05  -7.707E-05   7.288E-05  -7.707E-05   4.669E-05
  3       4.99900    0.04584     122.864     122.864   -4342.866   -1761.221
          (STRAIN)  -8.275E-05   5.755E-05   5.755E-05  -8.275E-05  -1.643E-06
  3       5.00100    0.04584     122.865     122.865       0.411      24.069
          (STRAIN)  -8.279E-05   3.371E-04   3.371E-04  -8.279E-05  -1.675E-06
  3      34.99900    0.03886      30.881      30.881     -81.996     -69.430
          (STRAIN)  -2.122E-04   1.748E-04   1.748E-04  -2.122E-04  -1.692E-04
```

Lanjutan Lampiran 6 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 3 *Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  0.1
  3       0.00000    0.05096       0.000    2513.878     252.729    2062.221
          (STRAIN)   6.943E-05  -1.146E-04   1.154E-04  -1.146E-04   6.943E-05
  3       4.99900    0.05059     150.615     202.116   -1591.505     150.615
          (STRAIN)  -1.259E-04   5.132E-05   5.656E-05  -1.259E-04   5.132E-05
  3       5.00100    0.05058     150.560     150.560      -4.140      49.131
          (STRAIN)  -1.259E-04   4.045E-04   4.045E-04  -1.259E-04   5.671E-05
  3      34.99900    0.04190      36.569      36.569    -101.873     -81.450
          (STRAIN)  -2.654E-04   2.092E-04   2.092E-04  -2.654E-04  -1.954E-04
  3      35.00100    0.04190      36.567      36.567       1.251       4.376
          (STRAIN)  -2.654E-04   5.260E-04   5.260E-04  -2.654E-04  -1.954E-04


TIME =  0.3
  3       0.00000    0.05473       0.000    1535.943     276.442    1123.427
          (STRAIN)   8.009E-05  -1.582E-04   1.962E-04  -1.582E-04   8.009E-05
  3       4.99900    0.05335     141.159     722.302    -353.660     141.159
          (STRAIN)  -1.405E-04  -1.266E-06   1.623E-04  -1.405E-04  -1.266E-06
  3       5.00100    0.05335     141.165     141.165      -4.132      84.213
          (STRAIN)  -1.406E-04   3.576E-04   3.576E-04  -1.406E-04   1.623E-04
  3      34.99900    0.04420      40.320      40.320    -112.550     -85.736
          (STRAIN)  -2.956E-04   2.285E-04   2.285E-04  -2.956E-04  -2.037E-04
  3      35.00100    0.04420      40.318      40.318       1.567       5.669
          (STRAIN)  -2.956E-04   5.728E-04   5.728E-04  -2.956E-04  -2.037E-04


TIME =  1
  3       0.00000    0.05794       0.000     909.989     276.442     706.122
          (STRAIN)   1.190E-04  -1.901E-04   2.657E-04  -1.901E-04   1.190E-04
  3       4.99900    0.05579     109.457     638.233      92.568     109.457
          (STRAIN)  -1.061E-04  -9.397E-05   2.865E-04  -1.061E-04  -9.397E-05
  3       5.00100    0.05579     109.478     124.083       9.535     109.478
          (STRAIN)  -1.062E-04   2.364E-04   2.865E-04  -1.062E-04   2.364E-04
  3      34.99900    0.04689      44.038      44.038    -118.850     -87.207
          (STRAIN)  -3.149E-04   2.436E-04   2.436E-04  -3.149E-04  -2.064E-04
  3      35.00100    0.04689      44.036      44.036       2.945       7.786
          (STRAIN)  -3.149E-04   6.060E-04   6.060E-04  -3.149E-04  -2.064E-04


TIME =  3
  3       0.00000    0.05984       0.000     711.255     276.442     572.878
          (STRAIN)   1.484E-04  -1.979E-04   3.100E-04  -1.979E-04   1.484E-04
  3       4.99900    0.05727      90.944     516.794      90.944     165.179
          (STRAIN)  -6.501E-05  -1.517E-04   3.457E-04  -1.517E-04  -6.501E-05
  3       5.00100    0.05727      90.972     144.062      24.217      90.972
          (STRAIN)  -6.511E-05   1.638E-04   3.458E-04  -6.511E-05   1.638E-04
  3      34.99900    0.04859      46.366      46.366    -121.843     -87.958
          (STRAIN)  -3.244E-04   2.524E-04   2.524E-04  -3.244E-04  -2.082E-04
  3      35.00100    0.04859      46.364      46.364       4.018       9.202
          (STRAIN)  -3.244E-04   6.247E-04   6.247E-04  -3.244E-04  -2.082E-04


TIME =  10
  3       0.00000    0.06020       0.000     681.998     276.442     552.940
          (STRAIN)   1.541E-04  -1.977E-04   3.183E-04  -1.977E-04   1.541E-04
  3       4.99900    0.05755      87.811     494.234      87.811     171.034
          (STRAIN)  -5.616E-05  -1.621E-04   3.551E-04  -1.621E-04  -5.616E-05
  3       5.00100    0.05755      87.840     147.342      27.347      87.841
          (STRAIN)  -5.626E-05   1.512E-04   3.552E-04  -5.626E-05   1.512E-04
  3      34.99900    0.04890      46.808      46.808    -122.395     -88.119
          (STRAIN)  -3.261E-04   2.540E-04   2.540E-04  -3.261E-04  -2.086E-04
  3      35.00100    0.04890      46.805      46.805       4.224       9.467
          (STRAIN)  -3.261E-04   6.282E-04   6.282E-04  -3.261E-04  -2.086E-04


TIME =  30
  3       0.00000    0.06020       0.000     681.924     276.442     552.891
          (STRAIN)   1.541E-04  -1.977E-04   3.184E-04  -1.977E-04   1.541E-04
  3       4.99900    0.05755      87.803     494.176      87.803     171.047
          (STRAIN)  -5.613E-05  -1.621E-04   3.551E-04  -1.621E-04  -5.613E-05
  3       5.00100    0.05755      87.833     147.350      27.355      87.833
          (STRAIN)  -5.623E-05   1.511E-04   3.552E-04  -5.623E-05   1.511E-04
  3      34.99900    0.04891      46.809      46.809    -122.396     -88.119
          (STRAIN)  -3.261E-04   2.540E-04   2.540E-04  -3.261E-04  -2.086E-04
```

Lanjutan Lampiran 6 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 3 *Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME =	100						
3		0.00000	0.06020	0.000	681.924	276.442	552.891
		(STRAIN)	1.541E-04	-1.977E-04	3.184E-04	-1.977E-04	1.541E-04
3		4.99900	0.05755	87.803	494.176	87.803	171.047
		(STRAIN)	-5.613E-05	-1.621E-04	3.551E-04	-1.621E-04	-5.613E-05
3		5.00100	0.05755	87.833	147.350	27.355	87.833
		(STRAIN)	-5.623E-05	1.511E-04	3.552E-04	-5.623E-05	1.511E-04
3		34.99900	0.04891	46.809	46.809	-122.396	-88.119
		(STRAIN)	-3.261E-04	2.540E-04	2.540E-04	-3.261E-04	-2.086E-04
3		35.00100	0.04890	46.806	46.806	4.224	9.468
		(STRAIN)	-3.261E-04	6.282E-04	6.282E-04	-3.261E-04	-2.086E-04

Lampiran 7 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 4 *Improve Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

```
INPUT FILE NAME  -C:\Soil Cement Improve.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED =  1

TITLE -Trial Improve Soil Cement

MATL = 3 FOR VISCOELASTIC LAYERED SYSTEM
NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED
NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) =  1
NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) =  1
TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- =  0.001
NUMBER OF LAYERS (NL)------------- =  5
NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)------ =  5
LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- =  80
COMPUTING CODE (NSTD)------------- =  9
SYSTEM OF UNITS (NUNIT)------------=  1

Length and displacement in cm, stress and modulus in kPa
unit weight in kN/m^3, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 5  30  20  26
POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0.4  0.35  0.35  0.2  0.45
VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE:  0  4.999  5.001  80.999  81.001
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE :    1  1.100E+06   2  2.200E+05
   3  1.700E+05   4  3.500E+05   5  6.470E+04

LOAD GROUP NO. 1  HAS 2  CONTACT AREAS
CONTACT RADIUS (CR)--------------- =  11
CONTACT PRESSURE (CP)------------- =  550
NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- =  3
WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)------------------- =  0
WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)------------------- =  33

RESPONSE PT. NO. AND (XPT, YPT) ARE:  1   0.000   0.000  2   0.000  10.000
  3   0.000  16.500

DURATION OF MOVING LOAD (DUR) =  0
NUMBER OF VISCOELASTIC LAYER (NVL)         =  1
LAYER NUMBERS WHICH ARE VISCOELASTIC (LNV) =  1
CREEP TIMES (TYME) ARE: 0.001  0.003  0.01  0.03  0.1  0.3  1  3  10  30  100

FOR LAYER 1  TIME TEMPERATURE SHIFT FACTOR (BETA) =  0.113
REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) =  25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP. (TEMREF) OF 25  ARE:
  7.570E-10  2.269E-09  7.541E-09  2.244E-08  7.266E-08  2.010E-07  5.139E-07
  8.344E-07  9.089E-07  9.091E-07  9.091E-07

PERIOD NO.  1   LOAD GROUP NO.  1

TIME =  0.001

 POINT    VERTICAL   VERTICAL     VERTICAL      MAJOR       MINOR   INTERMEDIATE
                      DISPL.                 PRINCIPAL   PRINCIPAL   PRINCIPAL
  NO.    COORDINATE (HORIZONTAL   STRESS       STRESS      STRESS      STRESS
                     P. STRAIN)  (STRAIN)     (STRAIN)    (STRAIN)    (STRAIN)

  1       0.00000    0.02003     550.000   10070.290      72.790    9919.282
          (STRAIN)   4.438E-06  -5.998E-06   4.598E-06  -5.998E-06   4.438E-06
  1       4.99900    0.02066      21.767      21.766  -17805.060  -15759.510
          (STRAIN)  -8.713E-06   1.018E-05   1.018E-05  -8.713E-06  -6.545E-06
  1       5.00100    0.02066      21.765      22.031       8.961       9.048
          (STRAIN)  -8.712E-06   6.986E-05   7.149E-05  -8.714E-06  -8.177E-06
  1      80.99900    0.01674       5.631       5.641     -12.034     -11.520
          (STRAIN)  -3.102E-05   2.954E-05   2.958E-05  -3.102E-05  -2.926E-05
  1      81.00100    0.01674       5.631       5.668       1.023       1.067
          (STRAIN)  -3.103E-05   7.224E-05   7.307E-05  -3.103E-05  -3.006E-05
```

Lanjutan Lampiran 7 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 4 *Improve Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 0.003

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.02560	550.000	9305.579	153.633	9015.306
	(STRAIN)	1.187E-05	-1.628E-05	1.279E-05	-1.628E-05	1.187E-05
1	4.99900	0.02603	41.350	41.351	-13455.480	-11609.750
	(STRAIN)	-2.003E-05	2.284E-05	2.284E-05	-2.003E-05	-1.417E-05
1	5.00100	0.02603	41.349	41.940	15.997	16.360
	(STRAIN)	-2.003E-05	1.355E-04	1.392E-04	-2.003E-05	-1.781E-05
1	80.99900	0.01933	7.817	7.837	-18.116	-17.075
	(STRAIN)	-4.648E-05	4.243E-05	4.250E-05	-4.648E-05	-4.291E-05
1	81.00100	0.01933	7.816	7.892	1.060	1.147
	(STRAIN)	-4.648E-05	1.049E-04	1.066E-04	-4.648E-05	-4.453E-05

TIME = 0.01

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.03168	550.000	6084.945	162.758	5709.552
	(STRAIN)	2.421E-05	-3.435E-05	2.817E-05	-3.435E-05	2.421E-05
1	4.99900	0.03233	77.407	77.414	-9324.739	-7830.779
	(STRAIN)	-4.693E-05	5.233E-05	5.233E-05	-4.693E-05	-3.116E-05
1	5.00100	0.03233	77.439	78.605	27.159	28.562
	(STRAIN)	-4.704E-05	2.615E-04	2.686E-04	-4.704E-05	-3.843E-05
1	80.99900	0.02135	9.989	10.025	-24.744	-22.853
	(STRAIN)	-6.337E-05	5.572E-05	5.584E-05	-6.337E-05	-5.688E-05
1	81.00100	0.02135	9.989	10.123	0.959	1.119
	(STRAIN)	-6.337E-05	1.390E-04	1.420E-04	-6.337E-05	-5.978E-05

TIME = 0.03

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.03797	550.000	4935.826	292.415	4737.709
	(STRAIN)	5.939E-05	-8.027E-05	6.561E-05	-8.027E-05	5.939E-05
1	4.99900	0.03829	128.428	128.454	-6247.479	-5188.486
	(STRAIN)	-9.477E-05	1.055E-04	1.055E-04	-9.477E-05	-6.151E-05
1	5.00100	0.03829	128.441	130.069	39.969	43.764
	(STRAIN)	-9.488E-05	4.480E-04	4.580E-04	-9.488E-05	-7.159E-05
1	80.99900	0.02251	11.441	11.493	-29.460	-26.712
	(STRAIN)	-7.547E-05	6.476E-05	6.494E-05	-7.547E-05	-6.605E-05
1	81.00100	0.02251	11.441	11.632	0.832	1.070
	(STRAIN)	-7.547E-05	1.623E-04	1.665E-04	-7.547E-05	-7.015E-05

TIME = 0.1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04522	550.000	3587.591	440.285	3506.503
	(STRAIN)	1.377E-04	-1.742E-04	1.460E-04	-1.742E-04	1.377E-04
1	4.99900	0.04489	209.221	209.283	-3656.625	-3093.001
	(STRAIN)	-1.819E-04	2.114E-04	2.114E-04	-1.819E-04	-1.245E-04
1	5.00100	0.04489	209.158	210.579	56.111	64.034
	(STRAIN)	-1.818E-04	7.573E-04	7.660E-04	-1.818E-04	-1.332E-04
1	80.99900	0.02340	12.459	12.523	-32.566	-29.068
	(STRAIN)	-8.359E-05	7.078E-05	7.100E-05	-8.359E-05	-7.160E-05
1	81.00100	0.02340	12.458	12.694	0.805	1.115
	(STRAIN)	-8.359E-05	1.776E-04	1.828E-04	-8.359E-05	-7.666E-05

Lanjutan Lampiran 7 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 4 *Improve Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 0.3

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.05083	550.000	2127.318	440.285	2092.168
	(STRAIN)	2.141E-04	-2.507E-04	2.240E-04	-2.507E-04	2.141E-04
1	4.99900	0.05082	302.545	302.626	-1974.672	-1733.861
	(STRAIN)	-2.818E-04	3.590E-04	3.590E-04	-2.818E-04	-2.141E-04
1	5.00100	0.05082	302.437	303.189	73.433	83.731
	(STRAIN)	-2.818E-04	1.123E-03	1.128E-03	-2.818E-04	-2.186E-04
1	80.99900	0.02426	13.153	13.224	-33.996	-30.079
	(STRAIN)	-8.750E-05	7.415E-05	7.440E-05	-8.750E-05	-7.407E-05
1	81.00100	0.02426	13.153	13.412	0.967	1.318
	(STRAIN)	-8.750E-05	1.856E-04	1.914E-04	-8.750E-05	-7.964E-05

TIME = 1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.05769	550.000	1597.165	583.618	1580.310
	(STRAIN)	3.638E-04	-3.532E-04	3.760E-04	-3.532E-04	3.638E-04
1	4.99900	0.05618	394.405	394.482	-853.418	-771.077
	(STRAIN)	-3.612E-04	5.366E-04	5.367E-04	-3.612E-04	-3.019E-04
1	5.00100	0.05618	394.442	394.754	95.218	104.577
	(STRAIN)	-3.616E-04	1.475E-03	1.476E-03	-3.616E-04	-3.042E-04
1	80.99900	0.02533	13.884	13.959	-34.952	-30.768
	(STRAIN)	-9.026E-05	7.718E-05	7.744E-05	-9.026E-05	-7.591E-05
1	81.00100	0.02533	13.883	14.159	1.274	1.650
	(STRAIN)	-9.026E-05	1.923E-04	1.985E-04	-9.026E-05	-8.183E-05

TIME = 3

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.06032	550.000	1227.222	583.618	1215.512
	(STRAIN)	4.098E-04	-3.283E-04	4.235E-04	-3.283E-04	4.098E-04
1	4.99900	0.05865	435.022	435.096	-440.863	-398.442
	(STRAIN)	-3.801E-04	6.431E-04	6.432E-04	-3.801E-04	-3.305E-04
1	5.00100	0.05865	435.167	435.361	109.784	117.685
	(STRAIN)	-3.808E-04	1.616E-03	1.617E-03	-3.808E-04	-3.323E-04
1	80.99900	0.02596	14.317	14.394	-35.490	-31.180
	(STRAIN)	-9.181E-05	7.896E-05	7.922E-05	-9.181E-05	-7.703E-05
1	81.00100	0.02596	14.316	14.600	1.462	1.850
	(STRAIN)	-9.181E-05	1.963E-04	2.026E-04	-9.181E-05	-8.312E-05

TIME = 10

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.06077	550.000	1172.021	583.618	1160.961
	(STRAIN)	4.170E-04	-3.177E-04	4.310E-04	-3.177E-04	4.169E-04
1	4.99900	0.05905	441.328	441.401	-379.837	-342.411
	(STRAIN)	-3.812E-04	6.637E-04	6.638E-04	-3.812E-04	-3.336E-04
1	5.00100	0.05905	441.354	441.534	112.672	120.275
	(STRAIN)	-3.816E-04	1.635E-03	1.636E-03	-3.816E-04	-3.350E-04
1	80.99900	0.02607	14.395	14.473	-35.591	-31.259
	(STRAIN)	-9.210E-05	7.928E-05	7.955E-05	-9.210E-05	-7.725E-05
1	81.00100	0.02607	14.395	14.680	1.495	1.885
	(STRAIN)	-9.210E-05	1.970E-04	2.034E-04	-9.210E-05	-8.337E-05

Lanjutan Lampiran 7 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 4 *Improve Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 30

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.06077	550.000	1171.868	583.618	1160.840
	(STRAIN)	4.170E-04	-3.177E-04	4.310E-04	-3.177E-04	4.170E-04
1	4.99900	0.05906	441.344	441.417	-379.684	-342.270
	(STRAIN)	-3.812E-04	6.637E-04	6.638E-04	-3.812E-04	-3.336E-04
1	5.00100	0.05905	441.370	441.550	112.680	120.282
	(STRAIN)	-3.816E-04	1.635E-03	1.636E-03	-3.816E-04	-3.350E-04
1	80.99900	0.02607	14.395	14.474	-35.591	-31.260
	(STRAIN)	-9.210E-05	7.929E-05	7.955E-05	-9.210E-05	-7.725E-05
1	81.00100	0.02607	14.395	14.680	1.495	1.885
	(STRAIN)	-9.210E-05	1.970E-04	2.034E-04	-9.210E-05	-8.337E-05

TIME = 100

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.06077	550.000	1171.868	583.618	1160.840
	(STRAIN)	4.170E-04	-3.177E-04	4.310E-04	-3.177E-04	4.170E-04
1	4.99900	0.05906	441.344	441.417	-379.684	-342.270
	(STRAIN)	-3.812E-04	6.637E-04	6.638E-04	-3.812E-04	-3.336E-04
1	5.00100	0.05905	441.370	441.550	112.680	120.282
	(STRAIN)	-3.816E-04	1.635E-03	1.636E-03	-3.816E-04	-3.350E-04
1	80.99900	0.02607	14.395	14.474	-35.591	-31.260
	(STRAIN)	-9.210E-05	7.929E-05	7.955E-05	-9.210E-05	-7.725E-05
1	81.00100	0.02607	14.395	14.680	1.495	1.885
	(STRAIN)	-9.210E-05	1.970E-04	2.034E-04	-9.210E-05	-8.337E-05

TIME = 0.001

2	0.00000	0.02054	550.000	11517.460	84.075	11235.250
	(STRAIN)	4.992E-06	-6.826E-06	5.291E-06	-6.826E-06	4.992E-06
2	4.99900	0.02092	22.416	22.417	-17743.080	-14734.830
	(STRAIN)	-8.977E-06	9.851E-06	9.851E-06	-8.977E-06	-5.788E-06
2	5.00100	0.02092	22.409	22.430	9.309	9.812
	(STRAIN)	-8.980E-06	7.141E-05	7.153E-05	-8.980E-06	-5.891E-06
2	80.99900	0.01686	5.736	5.738	-12.227	-11.903
	(STRAIN)	-3.141E-05	3.018E-05	3.018E-05	-3.141E-05	-3.030E-05
2	81.00100	0.01686	5.736	5.742	1.039	1.083
	(STRAIN)	-3.141E-05	7.386E-05	7.399E-05	-3.141E-05	-3.043E-05

TIME = 0.003

2	0.00000	0.02630	550.000	10434.530	166.229	9868.546
	(STRAIN)	1.277E-05	-1.805E-05	1.457E-05	-1.805E-05	1.277E-05
2	4.99900	0.02656	42.631	42.631	-13261.960	-10394.400
	(STRAIN)	-2.070E-05	2.157E-05	2.157E-05	-2.070E-05	-1.159E-05
2	5.00100	0.02655	42.615	42.644	16.744	18.210
	(STRAIN)	-2.070E-05	1.380E-04	1.382E-04	-2.070E-05	-1.171E-05
2	80.99900	0.01952	8.019	8.022	-18.506	-17.840
	(STRAIN)	-4.727E-05	4.368E-05	4.369E-05	-4.726E-05	-4.498E-05
2	81.00100	0.01952	8.018	8.030	1.084	1.175
	(STRAIN)	-4.727E-05	1.081E-04	1.084E-04	-4.727E-05	-4.524E-05

TIME = 0.01

2	0.00000	0.03252	550.000	6382.976	166.229	5979.952
	(STRAIN)	2.534E-05	-3.604E-05	2.959E-05	-3.604E-05	2.534E-05
2	4.99900	0.03328	78.676	78.676	-8912.880	-6327.207
	(STRAIN)	-4.836E-05	4.656E-05	4.656E-05	-4.836E-05	-2.107E-05
2	5.00100	0.03328	78.619	78.631	28.374	32.848
	(STRAIN)	-4.838E-05	2.599E-04	2.600E-04	-4.838E-05	-2.093E-05
2	80.99900	0.02163	10.336	10.341	-25.450	-24.211
	(STRAIN)	-6.479E-05	5.790E-05	5.792E-05	-6.479E-05	-6.054E-05
2	81.00100	0.02163	10.335	10.357	0.990	1.159

Lanjutan Lampiran 7 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 4 *Improve Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  0.03
  2       0.00000    0.03943     550.000    5180.328     275.410    4568.231
          (STRAIN)   5.354E-05  -8.132E-05   7.277E-05  -8.132E-05   5.354E-05
  2       4.99900    0.03953     124.392     124.394   -5617.050   -3443.851
          (STRAIN)  -9.625E-05   8.412E-05   8.412E-05  -9.625E-05  -2.798E-05
  2       5.00100    0.03953     124.395     124.452      40.377      51.445
          (STRAIN)  -9.630E-05   4.193E-04   4.196E-04  -9.630E-05  -2.839E-05
  2      80.99900    0.02286      11.922      11.930     -30.482     -28.635
          (STRAIN)  -7.754E-05   6.784E-05   6.787E-05  -7.754E-05  -7.121E-05
  2      81.00100    0.02286      11.922      11.952       0.864       1.117
          (STRAIN)  -7.755E-05   1.703E-04   1.710E-04  -7.755E-05  -7.188E-05


TIME =  0.1
  2       0.00000    0.04611     550.000    3262.128     346.870    2763.677
          (STRAIN)   9.592E-05  -1.499E-04   1.466E-04  -1.499E-04   9.592E-05
  2       4.99900    0.04563     179.829     179.969   -2917.322   -1354.495
          (STRAIN)  -1.778E-04   1.372E-04   1.372E-04  -1.778E-04  -1.886E-05
  2       5.00100    0.04563     179.797     181.736      50.561      74.558
          (STRAIN)  -1.779E-04   6.151E-04   6.270E-04  -1.779E-04  -3.066E-05
  2      80.99900    0.02380      13.048      13.058     -33.859     -31.447
          (STRAIN)  -8.623E-05   7.459E-05   7.463E-05  -8.623E-05  -7.796E-05
  2      81.00100    0.02380      13.047      13.085       0.834       1.166
          (STRAIN)  -8.623E-05   1.875E-04   1.883E-04  -8.623E-05  -7.878E-05


TIME =  0.3
  2       0.00000    0.05083     550.000    1835.914     346.870    1552.850
          (STRAIN)   1.366E-04  -2.027E-04   2.163E-04  -2.027E-04   1.366E-04
  2       4.99900    0.04981     222.003     224.620   -1368.023    -388.562
          (STRAIN)  -2.618E-04   1.856E-04   1.864E-04  -2.618E-04   1.383E-05
  2       5.00100    0.04981     221.954     233.763      55.139      88.413
          (STRAIN)  -2.619E-04   7.617E-04   8.342E-04  -2.619E-04  -5.774E-05
  2      80.99900    0.02469      13.801      13.812     -35.436     -32.690
          (STRAIN)  -9.046E-05   7.835E-05   7.839E-05  -9.046E-05  -8.104E-05
  2      81.00100    0.02469      13.800      13.842       0.995       1.375
          (STRAIN)  -9.046E-05   1.965E-04   1.975E-04  -9.046E-05  -8.195E-05


TIME =  1
  2       0.00000    0.05437     550.000    1045.694     346.870     899.297
          (STRAIN)   1.759E-04  -2.216E-04   2.812E-04  -2.216E-04   1.759E-04
  2       4.99900    0.05274     251.710     272.520    -526.621     -19.638
          (STRAIN)  -3.226E-04   2.374E-04   2.523E-04  -3.226E-04   4.214E-05
  2       5.00100    0.05274     251.640     285.795      59.606      87.404
          (STRAIN)  -3.228E-04   8.556E-04   1.065E-03  -3.228E-04  -1.522E-04
  2      80.99900    0.02579      14.573      14.585     -36.485     -33.526
          (STRAIN)  -9.342E-05   8.164E-05   8.168E-05  -9.342E-05  -8.327E-05
  2      81.00100    0.02579      14.572      14.617       1.305       1.715
          (STRAIN)  -9.342E-05   2.039E-04   2.049E-04  -9.342E-05  -8.424E-05


TIME =  3
  2       0.00000    0.05598     550.000     787.686     346.870     688.510
          (STRAIN)   1.958E-04  -2.033E-04   3.117E-04  -2.033E-04   1.958E-04
  2       4.99900    0.05400     264.585     305.990    -262.903      49.031
          (STRAIN)  -3.379E-04   2.783E-04   3.267E-04  -3.379E-04   2.653E-05
  2       5.00100    0.05400     264.484     313.395      64.273      82.719
          (STRAIN)  -3.380E-04   8.905E-04   1.191E-03  -3.380E-04  -2.248E-04
  2      80.99900    0.02643      15.027      15.040     -37.066     -34.010
          (STRAIN)  -9.506E-05   8.354E-05   8.359E-05  -9.506E-05  -8.459E-05
  2      81.00100    0.02643      15.027      15.073       1.496       1.919
          (STRAIN)  -9.506E-05   2.082E-04   2.092E-04  -9.506E-05  -8.558E-05


TIME =  10
  2       0.00000    0.05625     550.000     750.410     346.870     658.119
          (STRAIN)   1.992E-04  -1.968E-04   3.167E-04  -1.968E-04   1.992E-04
  2       4.99900    0.05421     266.756     312.122    -225.765      56.150
          (STRAIN)  -3.391E-04   2.876E-04   3.454E-04  -3.391E-04   1.964E-05
  2       5.00100    0.05421     266.646     318.155      65.349      81.808
          (STRAIN)  -3.393E-04   8.960E-04   1.212E-03  -3.393E-04  -2.383E-04
  2      80.99900    0.02654      15.110      15.122     -37.175     -34.103
          (STRAIN)  -9.537E-05   8.389E-05   8.394E-05  -9.537E-05  -8.483E-05
  2      81.00100    0.02654      15.109      15.156       1.529       1.955
```

Lanjutan Lampiran 7 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 4 *Improve Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  30
  2       0.00000    0.05625     550.000     750.315     346.870     658.045
          (STRAIN)   1.992E-04  -1.968E-04   3.167E-04  -1.968E-04   1.992E-04
  2       4.99900    0.05421     266.761     312.138    -225.673      56.167
          (STRAIN)  -3.391E-04   2.877E-04   3.454E-04  -3.391E-04   1.962E-05
  2       5.00100    0.05421     266.651     318.168      65.352      81.806
          (STRAIN)  -3.393E-04   8.960E-04   1.212E-03  -3.393E-04  -2.383E-04
  2      80.99900    0.02654      15.110      15.123     -37.175     -34.103
          (STRAIN)  -9.537E-05   8.390E-05   8.394E-05  -9.537E-05  -8.484E-05
  2      81.00100    0.02654      15.110      15.156       1.529       1.955
          (STRAIN)  -9.537E-05   2.090E-04   2.100E-04  -9.537E-05  -8.583E-05


TIME =  100
  2       0.00000    0.05625     550.000     750.315     346.870     658.045
          (STRAIN)   1.992E-04  -1.968E-04   3.167E-04  -1.968E-04   1.992E-04
  2       4.99900    0.05421     266.761     312.138    -225.673      56.167
          (STRAIN)  -3.391E-04   2.877E-04   3.454E-04  -3.391E-04   1.962E-05
  2       5.00100    0.05421     266.651     318.168      65.352      81.806
          (STRAIN)  -3.393E-04   8.960E-04   1.212E-03  -3.393E-04  -2.383E-04
  2      80.99900    0.02654      15.110      15.123     -37.175     -34.103
          (STRAIN)  -9.537E-05   8.390E-05   8.394E-05  -9.537E-05  -8.484E-05
  2      81.00100    0.02654      15.110      15.156       1.529       1.955
          (STRAIN)  -9.537E-05   2.090E-04   2.100E-04  -9.537E-05  -8.583E-05


TIME =  0.001
  3       0.00000    0.02076       0.000   12879.680     104.747   12427.370
          (STRAIN)   5.476E-06  -7.584E-06   5.955E-06  -7.584E-06   5.476E-06
  3       4.99900    0.02099      22.303      22.304  -17102.960  -13450.500
          (STRAIN)  -8.881E-06   9.268E-06   9.268E-06  -8.881E-06  -5.010E-06
  3       5.00100    0.02099      22.311      22.311       9.342       9.972
          (STRAIN)  -8.896E-06   7.069E-05   7.069E-05  -8.896E-06  -5.031E-06
  3      80.99900    0.01689       5.772       5.772     -12.302     -12.014
          (STRAIN)  -3.158E-05   3.039E-05   3.039E-05  -3.158E-05  -3.059E-05
  3      81.00100    0.01689       5.772       5.772       1.043       1.087
          (STRAIN)  -3.158E-05   7.439E-05   7.439E-05  -3.158E-05  -3.060E-05


TIME =  0.003
  3       0.00000    0.02601       0.000    8610.205     104.747    8243.088
          (STRAIN)   1.079E-05  -1.506E-05   1.196E-05  -1.506E-05   1.079E-05
  3       4.99900    0.02664      42.173      42.173  -12598.860   -9078.610
          (STRAIN)  -2.039E-05   1.977E-05   1.977E-05  -2.039E-05  -9.203E-06
  3       5.00100    0.02664      42.164      42.164      16.786      18.616
          (STRAIN)  -2.040E-05   1.353E-04   1.353E-04  -2.040E-05  -9.165E-06
  3      80.99900    0.01956       8.068       8.068     -18.610     -18.015
          (STRAIN)  -4.749E-05   4.398E-05   4.398E-05  -4.749E-05  -4.545E-05
  3      81.00100    0.01955       8.068       8.068       1.089       1.180
          (STRAIN)  -4.749E-05   1.089E-04   1.089E-04  -4.749E-05  -4.545E-05


TIME =  0.01
  3       0.00000    0.03307       0.000    7136.410     188.191    6446.097
          (STRAIN)   2.652E-05  -3.955E-05   3.380E-05  -3.955E-05   2.652E-05
  3       4.99900    0.03340      76.581      76.581   -8206.127   -4944.139
          (STRAIN)  -4.720E-05   4.024E-05   4.024E-05  -4.720E-05  -1.276E-05
  3       5.00100    0.03340      76.578      76.578      28.274      33.889
          (STRAIN)  -4.723E-05   2.492E-04   2.492E-04  -4.723E-05  -1.277E-05
  3      80.99900    0.02169      10.413      10.413     -25.612     -24.497
          (STRAIN)  -6.513E-05   5.838E-05   5.838E-05  -6.513E-05  -6.131E-05
  3      81.00100    0.02169      10.412      10.412       0.997       1.168
          (STRAIN)  -6.513E-05   1.459E-04   1.459E-04  -6.513E-05  -6.131E-05


TIME =  0.03
  3       0.00000    0.03970       0.000    5225.317     252.729    4278.604
          (STRAIN)   4.684E-05  -7.964E-05   7.658E-05  -7.964E-05   4.684E-05
  3       4.99900    0.03958     116.946     116.946   -4896.616   -2071.534
          (STRAIN)  -9.234E-05   6.517E-05   6.517E-05  -9.234E-05  -3.583E-06
  3       5.00100    0.03958     116.844     116.844      39.481      54.037
          (STRAIN)  -9.240E-05   3.823E-04   3.823E-04  -9.240E-05  -3.078E-06
  3      80.99900    0.02293      12.024      12.024     -30.700     -29.027
          (STRAIN)  -7.800E-05   6.849E-05   6.849E-05  -7.800E-05  -7.226E-05
```

Lanjutan Lampiran 7 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 4 *Improve Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  0.1
  3       0.00000    0.04563       0.000    2731.973     252.729    2167.414
          (STRAIN)   7.074E-05  -1.240E-04   1.282E-04  -1.240E-04   7.074E-05
  3       4.99900    0.04521     154.318     154.318   -2228.568     -71.824
          (STRAIN)  -1.643E-04   7.807E-05   7.807E-05  -1.643E-04   5.507E-05
  3       5.00100    0.04521     154.279     154.279      46.705      82.500
          (STRAIN)  -1.644E-04   4.957E-04   4.957E-04  -1.644E-04   5.525E-05
  3      80.99900    0.02389      13.171      13.171     -34.122     -31.919
          (STRAIN)  -8.678E-05   7.537E-05   7.537E-05  -8.678E-05  -7.923E-05
  3      81.00100    0.02389      13.171      13.171       0.843       1.180
          (STRAIN)  -8.678E-05   1.895E-04   1.895E-04  -8.678E-05  -7.923E-05


TIME =  0.3
  3       0.00000    0.04947       0.000    1422.691     252.729    1130.475
          (STRAIN)   9.252E-05  -1.545E-04   1.748E-04  -1.545E-04   9.252E-05
  3       4.99900    0.04832     160.431     652.779     -806.146     160.431
          (STRAIN)  -2.274E-04   4.458E-05   1.831E-04  -2.274E-04   4.458E-05
  3       5.00100    0.04832     160.357     160.357      45.416     112.400
          (STRAIN)  -2.275E-04   4.778E-04   4.778E-04  -2.275E-04   1.835E-04
  3      80.99900    0.02480      13.934      13.934     -35.710     -33.190
          (STRAIN)  -9.103E-05   7.918E-05   7.918E-05  -9.103E-05  -8.239E-05
  3      81.00100    0.02480      13.934      13.934       1.008       1.393
          (STRAIN)  -9.103E-05   1.987E-04   1.987E-04  -9.103E-05  -8.239E-05


TIME =  1
  3       0.00000    0.05209       0.000     777.507     252.729     638.580
          (STRAIN)   1.164E-04  -1.612E-04   2.163E-04  -1.612E-04   1.164E-04
  3       4.99900    0.04972     136.971     691.996     -164.772     136.972
          (STRAIN)  -2.551E-04  -3.799E-05   3.613E-04  -2.551E-04  -3.799E-05
  3       5.00100    0.04972     136.975     141.992      41.490     136.976
          (STRAIN)  -2.552E-04   3.307E-04   3.615E-04  -2.552E-04   3.307E-04
  3      80.99900    0.02590      14.710      14.710     -36.757     -34.034
          (STRAIN)  -9.398E-05   8.248E-05   8.248E-05  -9.398E-05  -8.464E-05
  3      81.00100    0.02590      14.709      14.709       1.320       1.737
          (STRAIN)  -9.398E-05   2.061E-04   2.061E-04  -9.398E-05  -8.464E-05


TIME =  3
  3       0.00000    0.05326       0.000     582.985     252.729     491.256
          (STRAIN)   1.310E-04  -1.477E-04   2.381E-04  -1.477E-04   1.310E-04
  3       4.99900    0.05010     117.678     589.425     -16.650     117.678
          (STRAIN)  -2.499E-04  -9.298E-05   4.581E-04  -2.499E-04  -9.298E-05
  3       5.00100    0.05010     117.854     156.194      40.906     117.854
          (STRAIN)  -2.500E-04   2.221E-04   4.574E-04  -2.500E-04   2.221E-04
  3      80.99900    0.02654      15.165      15.165     -37.340     -34.526
          (STRAIN)  -9.562E-05   8.440E-05   8.440E-05  -9.562E-05  -8.597E-05
  3      81.00100    0.02654      15.165      15.165       1.511       1.941
          (STRAIN)  -9.562E-05   2.104E-04   2.104E-04  -9.562E-05  -8.598E-05


TIME =  10
  3       0.00000    0.05346       0.000     555.468     252.729     470.353
          (STRAIN)   1.337E-04  -1.432E-04   2.420E-04  -1.432E-04   1.337E-04
  3       4.99900    0.05015     114.116     567.373       0.293     114.116
          (STRAIN)  -2.475E-04  -1.027E-04   4.741E-04  -2.475E-04  -1.027E-04
  3       5.00100    0.05015     114.295     158.496      40.994     114.295
          (STRAIN)  -2.476E-04   2.022E-04   4.734E-04  -2.476E-04   2.022E-04
  3      80.99900    0.02665      15.248      15.248     -37.450     -34.620
          (STRAIN)  -9.593E-05   8.475E-05   8.475E-05  -9.593E-05  -8.623E-05
  3      81.00100    0.02665      15.247      15.247       1.544       1.977
          (STRAIN)  -9.593E-05   2.112E-04   2.112E-04  -9.593E-05  -8.623E-05
```

Lanjutan Lampiran 7 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 4 *Improve Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 30

3	0.00000	0.05346	0.000	555.399	252.729	470.301
	(STRAIN)	1.337E-04	-1.432E-04	2.420E-04	-1.432E-04	1.337E-04
3	4.99900	0.05015	114.107	567.316	0.334	114.107
	(STRAIN)	-2.475E-04	-1.027E-04	4.741E-04	-2.475E-04	-1.027E-04
3	5.00100	0.05015	114.286	158.502	40.994	114.286
	(STRAIN)	-2.476E-04	2.021E-04	4.734E-04	-2.476E-04	2.021E-04
3	80.99900	0.02665	15.248	15.248	-37.450	-34.620
	(STRAIN)	-9.593E-05	8.475E-05	8.475E-05	-9.593E-05	-8.623E-05
3	81.00100	0.02665	15.248	15.248	1.544	1.977
	(STRAIN)	-9.593E-05	2.112E-04	2.112E-04	-9.593E-05	-8.623E-05

TIME = 100

3	0.00000	0.05346	0.000	555.399	252.729	470.301
	(STRAIN)	1.337E-04	-1.432E-04	2.420E-04	-1.432E-04	1.337E-04
3	4.99900	0.05015	114.107	567.316	0.334	114.107
	(STRAIN)	-2.475E-04	-1.027E-04	4.741E-04	-2.475E-04	-1.027E-04
3	5.00100	0.05015	114.286	158.502	40.994	114.286
	(STRAIN)	-2.476E-04	2.021E-04	4.734E-04	-2.476E-04	2.021E-04
3	80.99900	0.02665	15.248	15.248	-37.450	-34.620
	(STRAIN)	-9.593E-05	8.475E-05	8.475E-05	-9.593E-05	-8.623E-05
3	81.00100	0.02665	15.248	15.248	1.544	1.977
	(STRAIN)	-9.593E-05	2.112E-04	2.112E-04	-9.593E-05	-8.623E-05

Lampiran 8 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 1(A) LFA dengan Pendekatan Viskoelastik

```
INPUT FILE NAME  -C:\Alternatif 1A.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED =  1

TITLE -Alternatif 1A

MATL = 3 FOR VISCOELASTIC LAYERED SYSTEM
NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED
NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) =  1
NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) =  1
TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- =  0.001
NUMBER OF LAYERS (NL)------------- =  5
NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)------ =  5
LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- =  80
COMPUTING CODE (NSTD)------------- =  9
SYSTEM OF UNITS (NUNIT)------------=  1

Length and displacement in cm, stress and modulus in kPa
unit weight in kN/m^3, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4  12  25  20
POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0.4  0.4  0.35  0.35  0.45
VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE:  0  15.999  16.001  60.999
 61.001
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE :    1  1.100E+06   2  1.200E+06
   3  2.200E+05   4  1.310E+05   5  6.470E+04

LOAD GROUP NO. 1  HAS 2  CONTACT AREAS
CONTACT RADIUS (CR)--------------- =  11
CONTACT PRESSURE (CP)------------- =  550
NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- =  3
WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)--------------------- =  0
WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)--------------------- =  33

RESPONSE PT. NO. AND (XPT, YPT) ARE:  1   0.000   0.000  2   0.000  10.000
  3   0.000  16.500

DURATION OF MOVING LOAD (DUR) =  0
NUMBER OF VISCOELASTIC LAYER (NVL)          =  2
LAYER NUMBERS WHICH ARE VISCOELASTIC (LNV) =  1  1
CREEP TIMES (TYME) ARE: 0.001  0.003  0.01  0.03  0.1  0.3  1  3  10  30  100

FOR LAYER 1  TIME TEMPERATURE SHIFT FACTOR (BETA) =  0.113
REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) =  25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP. (TEMREF) OF 25  ARE:
  7.570E-10  2.269E-09  7.541E-09  2.244E-08  7.266E-08  2.010E-07  5.139E-07
  8.344E-07  9.089E-07  9.091E-07  9.091E-07

FOR LAYER 1  TIME TEMPERATURE SHIFT FACTOR (BETA) =  0.113
REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) =  25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP. (TEMREF) OF 25  ARE:
  6.939E-10  2.080E-09  6.913E-09  2.057E-08  6.660E-08  1.843E-07  4.710E-07
  7.649E-07  8.331E-07  8.333E-07  8.333E-07

PERIOD NO.  1   LOAD GROUP NO.  1

TIME =  0.001

 POINT    VERTICAL   VERTICAL     VERTICAL     MAJOR       MINOR    INTERMEDIATE
                      DISPL.                  PRINCIPAL   PRINCIPAL   PRINCIPAL
  NO.    COORDINATE (HORIZONTAL   STRESS      SIRESS      SIRESS      SIRESS
                     P. STRAIN)  (STRAIN)    (STRAIN)    (STRAIN)    (STRAIN)

  1       0.00000    0.02574     550.000   17051.520     153.633   16532.670
          (STRAIN)   7.305E-06  -1.005E-05   7.855E-06  -1.005E-05   7.305E-06
  1      15.99900    0.02547      23.518      23.749     -69.980     -61.422
          (STRAIN)  -4.576E-05   6.332E-05   6.359E-05  -4.576E-05  -3.577E-05
  1      16.00100    0.02547      23.514      24.311      -1.925      -1.051
          (STRAIN)  -4.576E-05   1.104E-04   1.152E-04  -4.576E-05  -4.039E-05
  1      60.99900    0.02109       8.617       8.669      -6.328      -5.905
          (STRAIN)  -5.569E-05   9.833E-05   9.886E-05  -5.569E-05  -5.133E-05
```

Lanjutan Lampiran 8 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 1(A) LFA dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 0.003

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.03134	550.000	11233.800	162.758	10578.590
	(STRAIN)	1.366E-05	-1.943E-05	1.574E-05	-1.943E-05	1.366E-05
1	15.99900	0.03070	39.992	40.468	-128.052	-108.520
	(STRAIN)	-8.403E-05	1.120E-04	1.126E-04	-8.403E-05	-6.124E-05
1	16.00100	0.03070	39.983	41.638	-4.858	-2.709
	(STRAIN)	-8.402E-05	1.911E-04	2.013E-04	-8.402E-05	-7.083E-05
1	60.99900	0.02405	11.527	11.623	-9.608	-8.814
	(STRAIN)	-8.085E-05	1.370E-04	1.379E-04	-8.085E-05	-7.266E-05
1	61.00100	0.02405	11.526	11.704	0.255	0.487
	(STRAIN)	-8.085E-05	1.718E-04	1.757E-04	-8.085E-05	-7.565E-05

TIME = 0.01

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.03661	550.000	7603.380	292.415	7273.987
	(STRAIN)	3.104E-05	-4.267E-05	3.452E-05	-4.267E-05	3.104E-05
1	15.99900	0.03515	62.132	62.892	-210.553	-171.944
	(STRAIN)	-1.391E-04	1.790E-04	1.799E-04	-1.391E-04	-9.407E-05
1	16.00100	0.03515	62.125	64.782	-9.602	-4.775
	(STRAIN)	-1.391E-04	3.010E-04	3.173E-04	-1.391E-04	-1.095E-04
1	60.99900	0.02608	13.959	14.108	-12.593	-11.329
	(STRAIN)	-1.036E-04	1.701E-04	1.716E-04	-1.036E-04	-9.053E-05
1	61.00100	0.02608	13.958	14.232	-0.230	0.147
	(STRAIN)	-1.036E-04	2.144E-04	2.205E-04	-1.036E-04	-9.512E-05

TIME = 0.03

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.03979	550.000	4018.807	292.415	3865.124
	(STRAIN)	4.803E-05	-6.419E-05	5.286E-05	-6.419E-05	4.803E-05
1	15.99900	0.03799	82.517	83.371	-285.856	-229.622
	(STRAIN)	-1.895E-04	2.403E-04	2.413E-04	-1.895E-04	-1.239E-04
1	16.00100	0.03799	82.509	85.522	-13.858	-6.016
	(STRAIN)	-1.895E-04	4.019E-04	4.204E-04	-1.895E-04	-1.414E-04
1	60.99900	0.02720	15.388	15.573	-14.267	-12.654
	(STRAIN)	-1.167E-04	1.889E-04	1.908E-04	-1.167E-04	-1.001E-04
1	61.00100	0.02720	15.387	15.726	-0.463	0.026
	(STRAIN)	-1.167E-04	2.385E-04	2.461E-04	-1.167E-04	-1.058E-04

TIME = 0.1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04331	550.000	2555.754	440.285	2485.194
	(STRAIN)	9.350E-05	-1.145E-04	1.007E-04	-1.145E-04	9.350E-05
1	15.99900	0.04057	102.374	103.186	-345.939	-278.276
	(STRAIN)	-2.299E-04	2.931E-04	2.941E-04	-2.299E-04	-1.510E-04
1	16.00100	0.04057	102.364	105.232	-15.696	-5.546
	(STRAIN)	-2.299E-04	4.945E-04	5.121E-04	-2.299E-04	-1.677E-04
1	60.99900	0.02840	16.715	16.929	-15.352	-13.461
	(STRAIN)	-1.265E-04	2.040E-04	2.062E-04	-1.265E-04	-1.070E-04
1	61.00100	0.02840	16.715	17.105	-0.408	0.169
	(STRAIN)	-1.265E-04	2.573E-04	2.660E-04	-1.265E-04	-1.135E-04

Lanjutan Lampiran 8 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 1(A) LFA dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 0.3

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04584	550.000	1464.737	440.285	1425.164
	(STRAIN)	1.333E-04	-1.439E-04	1.444E-04	-1.439E-04	1.333E-04
1	15.99900	0.04319	118.152	118.945	-371.164	-298.913
	(STRAIN)	-2.493E-04	3.216E-04	3.225E-04	-2.493E-04	-1.650E-04
1	16.00100	0.04319	118.136	120.881	-13.300	-2.154
	(STRAIN)	-2.493E-04	5.572E-04	5.740E-04	-2.493E-04	-1.809E-04
1	60.99900	0.02991	18.290	18.533	-16.307	-14.158
	(STRAIN)	-1.362E-04	2.204E-04	2.229E-04	-1.362E-04	-1.140E-04
1	61.00100	0.02991	18.289	18.732	-0.155	0.502
	(STRAIN)	-1.362E-04	2.772E-04	2.871E-04	-1.362E-04	-1.214E-04

TIME = 1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04847	550.000	916.183	440.285	893.237
	(STRAIN)	1.802E-04	-1.457E-04	1.967E-04	-1.457E-04	1.802E-04
1	15.99900	0.04600	133.014	133.832	-379.152	-303.691
	(STRAIN)	-2.593E-04	3.382E-04	3.391E-04	-2.593E-04	-1.713E-04
1	16.00100	0.04600	132.998	135.751	-8.362	3.387
	(STRAIN)	-2.594E-04	6.081E-04	6.250E-04	-2.594E-04	-1.873E-04
1	60.99900	0.03156	20.127	20.405	-17.502	-15.038
	(STRAIN)	-1.479E-04	2.398E-04	2.427E-04	-1.479E-04	-1.226E-04
1	61.00100	0.03156	20.126	20.634	0.095	0.848
	(STRAIN)	-1.479E-04	3.010E-04	3.124E-04	-1.479E-04	-1.311E-04

TIME = 3

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04988	550.000	727.959	440.285	711.387
	(STRAIN)	2.037E-04	-1.130E-04	2.230E-04	-1.130E-04	2.037E-04
1	15.99900	0.04739	140.665	141.502	-381.792	-304.584
	(STRAIN)	-2.638E-04	3.457E-04	3.467E-04	-2.638E-04	-1.737E-04
1	16.00100	0.04739	140.649	143.426	-5.572	6.488
	(STRAIN)	-2.638E-04	6.334E-04	6.505E-04	-2.638E-04	-1.898E-04
1	60.99900	0.03233	21.051	21.350	-18.172	-15.532
	(STRAIN)	-1.543E-04	2.499E-04	2.530E-04	-1.543E-04	-1.271E-04
1	61.00100	0.03233	21.050	21.595	0.182	0.989
	(STRAIN)	-1.543E-04	3.134E-04	3.256E-04	-1.543E-04	-1.362E-04

TIME = 10

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.05013	550.000	699.756	440.285	684.138
	(STRAIN)	2.073E-04	-1.030E-04	2.272E-04	-1.030E-04	2.073E-04
1	15.99900	0.04762	141.971	142.811	-382.284	-304.764
	(STRAIN)	-2.646E-04	3.470E-04	3.480E-04	-2.646E-04	-1.741E-04
1	16.00100	0.04762	141.954	144.736	-5.103	7.013
	(STRAIN)	-2.646E-04	6.378E-04	6.549E-04	-2.646E-04	-1.903E-04
1	60.99900	0.03246	21.203	21.505	-18.287	-15.616
	(STRAIN)	-1.553E-04	2.516E-04	2.547E-04	-1.553E-04	-1.278E-04
1	61.00100	0.03246	21.202	21.753	0.194	1.010
	(STRAIN)	-1.553E-04	3.155E-04	3.278E-04	-1.553E-04	-1.370E-04

Lanjutan Lampiran 8 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 1(A) LFA dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 30

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.05013	550.000	699.676	440.285	684.066
	(STRAIN)	2.073E-04	-1.029E-04	2.272E-04	-1.029E-04	2.073E-04
1	15.99900	0.04762	141.974	142.815	-382.285	-304.764
	(STRAIN)	-2.646E-04	3.470E-04	3.480E-04	-2.646E-04	-1.741E-04
1	16.00100	0.04762	141.958	144.740	-5.101	7.014
	(STRAIN)	-2.646E-04	6.378E-04	6.549E-04	-2.646E-04	-1.903E-04
1	60.99900	0.03246	21.203	21.505	-18.287	-15.616
	(STRAIN)	-1.553E-04	2.516E-04	2.547E-04	-1.553E-04	-1.278E-04
1	61.00100	0.03246	21.203	21.753	0.194	1.010
	(STRAIN)	-1.553E-04	3.155E-04	3.279E-04	-1.553E-04	-1.370E-04

TIME = 100

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.05013	550.000	699.676	440.285	684.066
	(STRAIN)	2.073E-04	-1.029E-04	2.272E-04	-1.029E-04	2.073E-04
1	15.99900	0.04762	141.974	142.815	-382.285	-304.764
	(STRAIN)	-2.646E-04	3.470E-04	3.480E-04	-2.646E-04	-1.741E-04
1	16.00100	0.04762	141.958	144.740	-5.101	7.014
	(STRAIN)	-2.646E-04	6.378E-04	6.549E-04	-2.646E-04	-1.903E-04
1	60.99900	0.03246	21.203	21.505	-18.287	-15.616
	(STRAIN)	-1.553E-04	2.516E-04	2.547E-04	-1.553E-04	-1.278E-04
1	61.00100	0.03246	21.203	21.753	0.194	1.010
	(STRAIN)	-1.553E-04	3.155E-04	3.279E-04	-1.553E-04	-1.370E-04

TIME = 0.001

2	0.00000	0.02596	550.000	16886.720	143.826	16354.040
	(STRAIN)	7.223E-06	-9.956E-06	7.787E-06	-9.956E-06	7.223E-06
2	15.99900	0.02587	24.652	24.681	-73.180	-64.431
	(STRAIN)	-4.773E-05	6.640E-05	6.644E-05	-4.773E-05	-3.753E-05
2	16.00100	0.02587	24.651	24.756	-1.985	-0.421
	(STRAIN)	-4.774E-05	1.157E-04	1.164E-04	-4.774E-05	-3.814E-05
2	60.99900	0.02129	8.846	8.854	-6.504	-6.203
	(STRAIN)	-5.674E-05	1.015E-04	1.015E-04	-5.674E-05	-5.363E-05
2	61.00100	0.02129	8.846	8.861	0.680	0.807
	(STRAIN)	-5.674E-05	1.263E-04	1.266E-04	-5.674E-05	-5.389E-05

TIME = 0.003

2	0.00000	0.03197	550.000	11753.970	166.229	11097.070
	(STRAIN)	1.436E-05	-2.036E-05	1.645E-05	-2.036E-05	1.436E-05
2	15.99900	0.03139	42.053	42.107	-134.315	-112.792
	(STRAIN)	-8.837E-05	1.174E-04	1.175E-04	-8.837E-05	-6.326E-05
2	16.00100	0.03139	42.053	42.247	-5.059	-1.152
	(STRAIN)	-8.837E-05	2.007E-04	2.019E-04	-8.837E-05	-6.440E-05
2	60.99900	0.02436	11.936	11.951	-9.944	-9.363
	(STRAIN)	-8.282E-05	1.427E-04	1.428E-04	-8.282E-05	-7.684E-05
2	61.00100	0.02436	11.935	11.964	0.247	0.492
	(STRAIN)	-8.282E-05	1.791E-04	1.798E-04	-8.282E-05	-7.732E-05

TIME = 0.01

2	0.00000	0.03714	550.000	6513.379	184.224	5889.824
	(STRAIN)	2.421E-05	-3.603E-05	3.080E-05	-3.603E-05	2.421E-05
2	15.99900	0.03614	64.248	64.308	-218.592	-170.039
	(STRAIN)	-1.469E-04	1.831E-04	1.831E-04	-1.469E-04	-9.027E-05
2	16.00100	0.03614	64.245	64.460	-10.159	-1.133
	(STRAIN)	-1.469E-04	3.096E-04	3.110E-04	-1.469E-04	-9.154E-05
2	60.99900	0.02650	14.576	14.600	-13.128	-12.172
	(STRAIN)	-1.067E-04	1.788E-04	1.790E-04	-1.067E-04	-9.685E-05
2	61.00100	0.02650	14.575	14.620	-0.258	0.149
	(STRAIN)	-1.067E-04	2.257E-04	2.267E-04	-1.067E-04	-9.759E-05

Lanjutan Lampiran 8 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 1(A) LFA dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  0.03
  2       0.00000    0.04097     550.000    4149.181     275.410    3697.038
          (STRAIN)   4.324E-05  -6.424E-05   5.744E-05  -6.424E-05   4.324E-05
  2      15.99900    0.03908      81.579      81.603    -287.572    -204.525
          (STRAIN)  -1.987E-04   2.320E-04   2.320E-04  -1.987E-04  -1.018E-04
  2      16.00100    0.03908      81.573      81.656     -14.818       0.893
          (STRAIN)  -1.987E-04   3.928E-04   3.933E-04  -1.987E-04  -1.023E-04
  2      60.99900    0.02769      16.148      16.177     -14.943     -13.688
          (STRAIN)  -1.207E-04   1.997E-04   2.000E-04  -1.207E-04  -1.078E-04
  2      61.00100    0.02769      16.147      16.202      -0.506       0.029
          (STRAIN)  -1.207E-04   2.525E-04   2.537E-04  -1.207E-04  -1.087E-04


TIME =  0.1
  2       0.00000    0.04357     550.000    2027.268     275.410    1821.311
          (STRAIN)   6.541E-05  -9.184E-05   8.636E-05  -9.184E-05   6.541E-05
  2      15.99900    0.04159      94.992      94.994    -330.709    -211.871
          (STRAIN)  -2.366E-04   2.600E-04   2.600E-04  -2.366E-04  -9.799E-05
  2      16.00100    0.04159      94.985      94.991     -16.784       5.803
          (STRAIN)  -2.366E-04   4.492E-04   4.492E-04  -2.366E-04  -9.804E-05
  2      60.99900    0.02896      17.592      17.626     -16.132     -14.632
          (STRAIN)  -1.311E-04   2.164E-04   2.167E-04  -1.311E-04  -1.157E-04
  2      61.00100    0.02896      17.591      17.654      -0.457       0.185
          (STRAIN)  -1.311E-04   2.733E-04   2.748E-04  -1.311E-04  -1.167E-04


TIME =  0.3
  2       0.00000    0.04590     550.000    1171.953     275.410    1065.993
          (STRAIN)   9.791E-05  -1.246E-04   1.277E-04  -1.246E-04   9.791E-05
  2      15.99900    0.04418     105.543     105.589    -340.170    -198.636
          (STRAIN)  -2.525E-04   2.675E-04   2.676E-04  -2.525E-04  -8.734E-05
  2      16.00100    0.04418     105.535     105.684     -14.134      12.636
          (STRAIN)  -2.525E-04   4.819E-04   4.828E-04  -2.525E-04  -8.821E-05
  2      60.99900    0.03054      19.292      19.331     -17.182     -15.459
          (STRAIN)  -1.415E-04   2.344E-04   2.348E-04  -1.415E-04  -1.237E-04
  2      61.00100    0.03054      19.292      19.363      -0.199       0.539
          (STRAIN)  -1.415E-04   2.953E-04   2.969E-04  -1.415E-04  -1.250E-04


TIME =  1
  2       0.00000    0.04913     550.000     840.129     346.870     761.513
          (STRAIN)   1.473E-04  -1.510E-04   2.039E-04  -1.510E-04   1.473E-04
  2      15.99900    0.04705     117.068     117.182    -336.862    -179.331
          (STRAIN)  -2.600E-04   2.696E-04   2.697E-04  -2.600E-04  -7.622E-05
  2      16.00100    0.04705     117.059     117.408      -8.838      20.786
          (STRAIN)  -2.600E-04   5.125E-04   5.147E-04  -2.600E-04  -7.824E-05
  2      60.99900    0.03227      21.286      21.331     -18.492     -16.503
          (STRAIN)  -1.541E-04   2.559E-04   2.563E-04  -1.541E-04  -1.336E-04
  2      61.00100    0.03227      21.286      21.368       0.058       0.911
          (STRAIN)  -1.541E-04   3.217E-04   3.235E-04  -1.541E-04  -1.349E-04


TIME =  3
  2       0.00000    0.05051     550.000     661.064     346.870     606.673
          (STRAIN)   1.698E-04  -1.337E-04   2.333E-04  -1.337E-04   1.698E-04
  2      15.99900    0.04849     123.374     123.526    -334.824    -169.836
          (STRAIN)  -2.636E-04   2.710E-04   2.712E-04  -2.636E-04  -7.110E-05
  2      16.00100    0.04849     123.367     123.817      -5.889      25.058
          (STRAIN)  -2.636E-04   5.295E-04   5.323E-04  -2.636E-04  -7.372E-05
  2      60.99900    0.03309      22.297      22.344     -19.227     -17.087
          (STRAIN)  -1.608E-04   2.671E-04   2.676E-04  -1.608E-04  -1.388E-04
  2      61.00100    0.03309      22.296      22.384       0.147       1.065
          (STRAIN)  -1.608E-04   3.356E-04   3.375E-04  -1.608E-04  -1.402E-04


TIME =  10
  2       0.00000    0.05075     550.000     633.998     346.870     583.218
          (STRAIN)   1.735E-04  -1.273E-04   2.381E-04  -1.273E-04   1.735E-04
  2      15.99900    0.04873     124.460     124.618    -334.561    -168.307
          (STRAIN)  -2.642E-04   2.713E-04   2.715E-04  -2.642E-04  -7.027E-05
  2      16.00100    0.04873     124.453     124.920      -5.396      25.775
          (STRAIN)  -2.643E-04   5.325E-04   5.354E-04  -2.643E-04  -7.299E-05
  2      60.99900    0.03322      22.464      22.511     -19.353     -17.187
          (STRAIN)  -1.620E-04   2.690E-04   2.695E-04  -1.620E-04  -1.396E-04
  2      61.00100    0.03322      22.463      22.551       0.159       1.088
```

Lanjutan Lampiran 8 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 1(A) LFA dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  30
  2       0.00000    0.05075     550.000     633.925     346.870     583.152
          (STRAIN)   1.735E-04  -1.272E-04   2.381E-04  -1.272E-04   1.735E-04
  2      15.99900    0.04873     124.463     124.622    -334.560    -168.302
          (STRAIN)  -2.642E-04   2.713E-04   2.715E-04  -2.642E-04  -7.027E-05
  2      16.00100    0.04873     124.456     124.923      -5.394      25.777
          (STRAIN)  -2.643E-04   5.325E-04   5.354E-04  -2.643E-04  -7.299E-05
  2      60.99900    0.03322      22.464      22.512     -19.353     -17.188
          (STRAIN)  -1.620E-04   2.690E-04   2.695E-04  -1.620E-04  -1.396E-04
  2      61.00100    0.03322      22.463      22.552       0.159       1.088
          (STRAIN)  -1.620E-04   3.379E-04   3.399E-04  -1.620E-04  -1.411E-04


TIME =  100
  2       0.00000    0.05075     550.000     633.925     346.870     583.152
          (STRAIN)   1.735E-04  -1.272E-04   2.381E-04  -1.272E-04   1.735E-04
  2      15.99900    0.04873     124.463     124.622    -334.560    -168.302
          (STRAIN)  -2.642E-04   2.713E-04   2.715E-04  -2.642E-04  -7.027E-05
  2      16.00100    0.04873     124.456     124.923      -5.394      25.777
          (STRAIN)  -2.643E-04   5.325E-04   5.354E-04  -2.643E-04  -7.299E-05
  2      60.99900    0.03322      22.464      22.512     -19.353     -17.188
          (STRAIN)  -1.620E-04   2.690E-04   2.695E-04  -1.620E-04  -1.396E-04
  2      61.00100    0.03322      22.463      22.552       0.159       1.088
          (STRAIN)  -1.620E-04   3.379E-04   3.399E-04  -1.620E-04  -1.411E-04


TIME =  0.001
  3       0.00000    0.02611       0.000   16098.350     104.747   15496.440
          (STRAIN)   6.824E-06  -9.487E-06   7.462E-06  -9.487E-06   6.824E-06
  3      15.99900    0.02596      24.754      24.754     -73.444     -64.346
          (STRAIN)  -4.801E-05   6.656E-05   6.656E-05  -4.801E-05  -3.739E-05
  3      16.00100    0.02596      24.752      24.752      -1.990      -0.260
          (STRAIN)  -4.801E-05   1.161E-04   1.161E-04  -4.801E-05  -3.739E-05
  3      60.99900    0.02135       8.886       8.886      -6.519      -6.241
          (STRAIN)  -5.683E-05   1.019E-04   1.019E-04  -5.683E-05  -5.396E-05
  3      61.00100    0.02135       8.886       8.886       0.689       0.817
          (STRAIN)  -5.683E-05   1.269E-04   1.269E-04  -5.683E-05  -5.396E-05


TIME =  0.003
  3       0.00000    0.03150       0.000    9438.481     104.747    9026.163
          (STRAIN)   1.182E-05  -1.652E-05   1.313E-05  -1.652E-05   1.182E-05
  3      15.99900    0.03151      42.128      42.128     -134.625    -111.816
          (STRAIN)  -8.896E-05   1.173E-04   1.173E-04  -8.896E-05  -6.235E-05
  3      16.00100    0.03151      42.124      42.124      -5.093      -0.755
          (STRAIN)  -8.896E-05   2.008E-04   2.008E-04  -8.896E-05  -6.235E-05
  3      60.99900    0.02443      12.009      12.009      -9.995      -9.455
          (STRAIN)  -8.312E-05   1.436E-04   1.436E-04  -8.312E-05  -7.755E-05
  3      61.00100    0.02443      12.009      12.009       0.250       0.499
          (STRAIN)  -8.312E-05   1.804E-04   1.804E-04  -8.312E-05  -7.755E-05


TIME =  0.01
  3       0.00000    0.03737       0.000    6647.483     188.192    6005.392
          (STRAIN)   2.467E-05  -3.675E-05   3.145E-05  -3.675E-05   2.467E-05
  3      15.99900    0.03630      63.687      63.687     -217.489    -164.278
          (STRAIN)  -1.477E-04   1.803E-04   1.803E-04  -1.477E-04  -8.563E-05
  3      16.00100    0.03630      63.679      63.679      -10.259      -0.139
          (STRAIN)  -1.477E-04   3.060E-04   3.060E-04  -1.477E-04  -8.562E-05
  3      60.99900    0.02659      14.690      14.690      -13.219     -12.322
          (STRAIN)  -1.072E-04   1.804E-04   1.804E-04  -1.072E-04  -9.799E-05
  3      61.00100    0.02659      14.689      14.689       -0.259       0.154
          (STRAIN)  -1.072E-04   2.278E-04   2.278E-04  -1.072E-04  -9.799E-05


TIME =  0.03
  3       0.00000    0.04034       0.000    3285.897     188.192    2957.420
          (STRAIN)   3.518E-05  -5.181E-05   4.549E-05  -5.181E-05   3.518E-05
  3      15.99900    0.03922      79.111      79.111     -281.622    -186.932
          (STRAIN)  -1.987E-04   2.221E-04   2.221E-04  -1.987E-04  -8.827E-05
  3      16.00100    0.03921      79.095      79.095      -14.982       3.030
          (STRAIN)  -1.988E-04   3.785E-04   3.785E-04  -1.988E-04  -8.823E-05
  3      60.99900    0.02779      16.288      16.288      -15.062     -13.875
          (STRAIN)  -1.214E-04   2.016E-04   2.016E-04  -1.214E-04  -1.092E-04
  3      61.00100    0.02779      16.287      16.287       -0.511       0.035
```

Lanjutan Lampiran 8 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 1(A) LFA dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  0.1
  3       0.00000    0.04371       0.000    2003.950     252.729    1684.188
          (STRAIN)   5.678E-05  -8.883E-05   8.931E-05  -8.883E-05   5.678E-05
  3      15.99900    0.04164      89.022      89.022     -315.151    -173.646
          (STRAIN)  -2.344E-04   2.371E-04   2.371E-04  -2.344E-04  -6.933E-05
  3      16.00100    0.04164      89.016      89.016      -16.928       9.977
          (STRAIN)  -2.344E-04   4.157E-04   4.157E-04  -2.344E-04  -6.934E-05
  3      60.99900    0.02907      17.754      17.754      -16.272     -14.844
          (STRAIN)  -1.320E-04   2.187E-04   2.187E-04  -1.320E-04  -1.173E-04
  3      61.00100    0.02907      17.753      17.753       -0.464       0.192
          (STRAIN)  -1.320E-04   2.763E-04   2.763E-04  -1.320E-04  -1.173E-04


TIME =  0.3
  3       0.00000    0.04602       0.000    1157.129     252.729     995.990
          (STRAIN)   8.685E-05  -1.223E-04   1.322E-04  -1.223E-04   8.685E-05
  3      15.99900    0.04416      96.499      96.499     -315.752    -142.420
          (STRAIN)  -2.478E-04   2.331E-04   2.331E-04  -2.478E-04  -4.560E-05
  3      16.00100    0.04416      96.494      96.494      -14.181      18.776
          (STRAIN)  -2.478E-04   4.313E-04   4.313E-04  -2.478E-04  -4.561E-05
  3      60.99900    0.03066      19.478      19.478      -17.342     -15.698
          (STRAIN)  -1.425E-04   2.370E-04   2.370E-04  -1.425E-04  -1.255E-04
  3      61.00100    0.03066      19.477      19.477       -0.207       0.549
          (STRAIN)  -1.425E-04   2.986E-04   2.986E-04  -1.425E-04  -1.255E-04


TIME =  1
  3       0.00000    0.04852       0.000     722.952     252.729     635.680
          (STRAIN)   1.261E-04  -1.494E-04   1.889E-04  -1.494E-04   1.261E-04
  3      15.99900    0.04700     105.727     105.727     -305.761    -109.587
          (STRAIN)  -2.535E-04   2.266E-04   2.266E-04  -2.535E-04  -2.464E-05
  3      16.00100    0.04699     105.722     105.722       -8.802      28.497
          (STRAIN)  -2.535E-04   4.492E-04   4.492E-04  -2.535E-04  -2.466E-05
  3      60.99900    0.03241      21.502      21.502      -18.675     -16.775
          (STRAIN)  -1.552E-04   2.588E-04   2.588E-04  -1.552E-04  -1.356E-04
  3      61.00100    0.03241      21.501      21.501        0.051       0.925
          (STRAIN)  -1.552E-04   3.255E-04   3.255E-04  -1.552E-04  -1.356E-04


TIME =  3
  3       0.00000    0.04982       0.000     565.890     252.729     503.610
          (STRAIN)   1.470E-04  -1.461E-04   2.197E-04  -1.461E-04   1.470E-04
  3      15.99900    0.04842     111.026     111.026     -300.872     -94.212
          (STRAIN)  -2.563E-04   2.242E-04   2.242E-04  -2.563E-04  -1.523E-05
  3      16.00100    0.04842     111.021     111.021       -5.830      33.463
          (STRAIN)  -2.564E-04   4.607E-04   4.607E-04  -2.564E-04  -1.524E-05
  3      60.99900    0.03323      22.529      22.529      -19.424     -17.377
          (STRAIN)  -1.620E-04   2.703E-04   2.703E-04  -1.620E-04  -1.409E-04
  3      61.00100    0.03323      22.528      22.528        0.141       1.082
          (STRAIN)  -1.620E-04   3.397E-04   3.397E-04  -1.620E-04  -1.409E-04


TIME =  10
  3       0.00000    0.05005       0.000     541.894     252.729     483.396
          (STRAIN)   1.505E-04  -1.430E-04   2.249E-04  -1.430E-04   1.505E-04
  3      15.99900    0.04866     111.945     111.945     -300.146     -91.720
          (STRAIN)  -2.569E-04   2.239E-04   2.239E-04  -2.569E-04  -1.370E-05
  3      16.00100    0.04866     111.940     111.940       -5.335      34.294
          (STRAIN)  -2.569E-04   4.627E-04   4.627E-04  -2.569E-04  -1.372E-05
  3      60.99900    0.03337      22.698      22.698      -19.552     -17.480
          (STRAIN)  -1.632E-04   2.722E-04   2.722E-04  -1.632E-04  -1.418E-04
  3      61.00100    0.03336      22.697      22.697        0.153       1.105
          (STRAIN)  -1.632E-04   3.421E-04   3.421E-04  -1.632E-04  -1.418E-04


TIME =  30
  3       0.00000    0.05005       0.000     541.828     252.730     483.340
          (STRAIN)   1.505E-04  -1.430E-04   2.249E-04  -1.430E-04   1.505E-04
  3      15.99900    0.04866     111.948     111.948     -300.144     -91.713
          (STRAIN)  -2.569E-04   2.239E-04   2.239E-04  -2.569E-04  -1.370E-05
  3      16.00100    0.04866     111.943     111.943       -5.333      34.297
          (STRAIN)  -2.569E-04   4.628E-04   4.628E-04  -2.569E-04  -1.371E-05
  3      60.99900    0.03337      22.699      22.699      -19.552     -17.480
          (STRAIN)  -1.632E-04   2.722E-04   2.722E-04  -1.632E-04  -1.418E-04
  3      61.00100    0.03337      22.698      22.698        0.153       1.105
```

Lanjutan Lampiran 8 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 1(A) LFA dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME =	100					
3	0.00000	0.05005	0.000	541.828	252.730	483.340
	(STRAIN)	1.505E-04	-1.430E-04	2.249E-04	-1.430E-04	1.505E-04
3	15.99900	0.04866	111.948	111.948	-300.144	-91.713
	(STRAIN)	-2.569E-04	2.239E-04	2.239E-04	-2.569E-04	-1.370E-05
3	16.00100	0.04866	111.943	111.943	-5.333	34.297
	(STRAIN)	-2.569E-04	4.628E-04	4.628E-04	-2.569E-04	-1.371E-05
3	60.99900	0.03337	22.699	22.699	-19.552	-17.480
	(STRAIN)	-1.632E-04	2.722E-04	2.722E-04	-1.632E-04	-1.418E-04
3	61.00100	0.03337	22.698	22.698	0.153	1.105
	(STRAIN)	-1.632E-04	3.421E-04	3.421E-04	-1.632E-04	-1.418E-04

Lampiran 9 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2(A) HRS dengan Pendekatan Viskoelastik

```
INPUT FILE NAME  -C:\Alternatif 2A.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED =  1

TITLE -Alternatif 2A

MATL = 3 FOR VISCOELASTIC LAYERED SYSTEM
NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED
NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) =  1
NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) =  1
TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- =  0.001
NUMBER OF LAYERS (NL)------------- =  6
NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)------ =  5
LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- =  80
COMPUTING CODE (NSTD)------------- =  9
SYSTEM OF UNITS (NUNIT)------------=  1

Length and displacement in cm, stress and modulus in kPa
unit weight in kN/m^3, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4  9  6  20  20
POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0.4  0.4  0.4  0.35  0.35  0.45
VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE:  0  18.999  19.001  58.999
 59.001
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE :    1  8.000E+05   2  1.200E+06
   3  9.000E+05   4  2.200E+05   5  1.700E+05   6  6.470E+04

LOAD GROUP NO. 1  HAS 2  CONTACT AREAS
CONTACT RADIUS (CR)--------------- =  11
CONTACT PRESSURE (CP)------------- =  550
NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- =  3
WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)------------------- =  0
WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)------------------- =  33

RESPONSE PT. NO. AND (XPT, YPT) ARE:  1   0.000   0.000  2   0.000  10.000
  3   0.000  16.500

DURATION OF MOVING LOAD (DUR) =  0
NUMBER OF VISCOELASTIC LAYER (NVL)         =  3
LAYER NUMBERS WHICH ARE VISCOELASTIC (LNV) =  1  2  3
CREEP TIMES (TYME) ARE: 0.001  0.003  0.01  0.03  0.1  0.3  1  3  10  30  100

FOR LAYER 1  TIME TEMPERATURE SHIFT FACTOR (BETA) =  0.113
REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) =  25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP. (TEMREF) OF 25  ARE:
  1.041E-09  3.120E-09  1.037E-08  3.085E-08  9.991E-08  2.764E-07  7.066E-07
  1.147E-06  1.250E-06  1.250E-06  1.250E-06

FOR LAYER 2  TIME TEMPERATURE SHIFT FACTOR (BETA) =  0.113
REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) =  25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP. (TEMREF) OF 25  ARE:
  6.939E-10  2.080E-09  6.913E-09  2.057E-08  6.660E-08  1.843E-07  4.710E-07
  7.649E-07  8.331E-07  8.333E-07  8.333E-07

FOR LAYER 3  TIME TEMPERATURE SHIFT FACTOR (BETA) =  0.113
REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) =  25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP. (TEMREF) OF 25  ARE:
  9.252E-10  2.773E-09  9.217E-09  2.742E-08  8.881E-08  2.457E-07  6.281E-07
  1.020E-06  1.111E-06  1.111E-06  1.111E-06

PERIOD NO.  1   LOAD GROUP NO.  1
```

Lanjutan Lampiran 9 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2(A) HRS dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 0.001

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.00778	550.000	1487.321	65.833	1479.930
	(STRAIN)	8.939E-07	-1.167E-06	9.046E-07	-1.167E-06	8.939E-07
1	18.99900	0.00782	1.402	1.402	-2314.380	-2157.291
	(STRAIN)	-1.343E-06	1.656E-06	1.656E-06	-1.343E-06	-1.140E-06
1	19.00100	0.00782	1.402	1.411	0.318	0.342
	(STRAIN)	-1.344E-06	5.307E-06	5.364E-06	-1.344E-06	-1.198E-06
1	58.99900	0.00758	1.026	1.027	-0.257	-0.242
	(STRAIN)	-3.129E-06	7.059E-06	7.066E-06	-3.129E-06	-3.006E-06
1	59.00100	0.00758	1.026	1.028	0.476	0.480
	(STRAIN)	-3.129E-06	9.193E-06	9.235E-06	-3.129E-06	-3.041E-06

TIME = 0.003

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.01057	550.000	1357.759	72.790	1341.833
	(STRAIN)	2.401E-06	-3.142E-06	2.471E-06	-3.142E-06	2.401E-06
1	18.99900	0.01062	2.957	2.957	-2025.248	-1869.479
	(STRAIN)	-3.546E-06	4.328E-06	4.328E-06	-3.546E-06	-2.941E-06
1	19.00100	0.01062	2.957	2.989	0.445	0.510
	(STRAIN)	-3.546E-06	1.187E-05	1.207E-05	-3.546E-06	-3.144E-06
1	58.99900	0.01011	1.889	1.891	-0.879	-0.835
	(STRAIN)	-7.348E-06	1.463E-05	1.465E-05	-7.348E-06	-6.994E-06
1	59.00100	0.01011	1.889	1.895	0.694	0.705
	(STRAIN)	-7.348E-06	1.941E-05	1.955E-05	-7.348E-06	-7.109E-06

TIME = 0.01

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.01500	550.000	1084.874	72.790	1070.664
	(STRAIN)	6.301E-06	-8.186E-06	6.507E-06	-8.186E-06	6.301E-06
1	18.99900	0.01516	6.973	6.973	-1703.212	-1550.848
	(STRAIN)	-1.001E-05	1.206E-05	1.206E-05	-1.001E-05	-8.040E-06
1	19.00100	0.01516	6.972	7.092	0.540	0.741
	(STRAIN)	-1.001E-05	2.947E-05	3.020E-05	-1.001E-05	-8.772E-06
1	58.99900	0.01399	3.746	3.755	-2.581	-2.443
	(STRAIN)	-1.788E-05	3.236E-05	3.243E-05	-1.788E-05	-1.679E-05
1	59.00100	0.01399	3.746	3.766	1.004	1.036
	(STRAIN)	-1.788E-05	4.357E-05	4.402E-05	-1.788E-05	-1.717E-05

TIME = 0.03

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.02065	550.000	906.492	83.925	879.049
	(STRAIN)	1.490E-05	-1.944E-05	1.608E-05	-1.944E-05	1.490E-05
1	18.99900	0.02088	14.876	14.880	-1371.018	-1225.595
	(STRAIN)	-2.431E-05	2.889E-05	2.889E-05	-2.431E-05	-1.873E-05
1	19.00100	0.02088	14.875	15.227	0.269	0.827
	(STRAIN)	-2.432E-05	6.531E-05	6.747E-05	-2.432E-05	-2.089E-05
1	58.99900	0.01853	6.566	6.590	-5.721	-5.362
	(STRAIN)	-3.618E-05	6.139E-05	6.158E-05	-3.618E-05	-3.333E-05
1	59.00100	0.01853	6.566	6.621	1.227	1.308
	(STRAIN)	-3.618E-05	8.347E-05	8.471E-05	-3.618E-05	-3.437E-05

Lanjutan Lampiran 9 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2(A) HRS dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 0.1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.02789	550.000	763.549	153.633	742.855
	(STRAIN)	3.756E-05	-4.485E-05	4.046E-05	-4.485E-05	3.756E-05
1	18.99900	0.02819	31.902	31.937	-992.577	-862.644
	(STRAIN)	-5.864E-05	6.874E-05	6.874E-05	-5.864E-05	-4.249E-05
1	19.00100	0.02819	31.900	32.871	-1.255	0.407
	(STRAIN)	-5.865E-05	1.448E-04	1.508E-04	-5.865E-05	-4.845E-05
1	58.99900	0.02367	10.812	10.876	-11.373	-10.462
	(STRAIN)	-6.775E-05	1.084E-04	1.089E-04	-6.775E-05	-6.052E-05
1	59.00100	0.02367	10.812	10.956	1.159	1.360
	(STRAIN)	-6.775E-05	1.486E-04	1.518E-04	-6.775E-05	-6.325E-05

TIME = 0.3

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.03467	550.000	568.553	162.758	541.453
	(STRAIN)	6.880E-05	-7.774E-05	7.929E-05	-7.774E-05	6.880E-05
1	18.99900	0.03498	57.865	58.045	-668.975	-562.713
	(STRAIN)	-1.148E-04	1.353E-04	1.353E-04	-1.148E-04	-7.822E-05
1	19.00100	0.03498	57.861	59.769	-4.481	-0.423
	(STRAIN)	-1.148E-04	2.678E-04	2.795E-04	-1.148E-04	-8.988E-05
1	58.99900	0.02773	15.140	15.267	-17.800	-16.005
	(STRAIN)	-1.032E-04	1.584E-04	1.594E-04	-1.032E-04	-8.893E-05
1	59.00100	0.02773	15.140	15.424	0.806	1.203
	(STRAIN)	-1.032E-04	2.181E-04	2.244E-04	-1.032E-04	-9.428E-05

TIME = 1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04315	550.000	672.401	440.285	655.759
	(STRAIN)	1.489E-04	-6.429E-05	1.653E-04	-6.429E-05	1.489E-04
1	18.99900	0.04122	93.254	93.889	-394.271	-318.299
	(STRAIN)	-1.913E-04	2.374E-04	2.380E-04	-1.913E-04	-1.245E-04
1	19.00100	0.04122	93.248	96.036	-8.621	-0.433
	(STRAIN)	-1.913E-04	4.338E-04	4.509E-04	-1.913E-04	-1.410E-04
1	58.99900	0.03095	19.179	19.383	-23.843	-20.893
	(STRAIN)	-1.371E-04	2.045E-04	2.061E-04	-1.371E-04	-1.137E-04
1	59.00100	0.03095	19.178	19.632	0.472	1.136
	(STRAIN)	-1.371E-04	2.821E-04	2.922E-04	-1.371E-04	-1.223E-04

TIME = 3

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04759	550.000	588.527	440.286	576.399
	(STRAIN)	1.891E-04	-2.946E-05	2.086E-04	-2.946E-05	1.891E-04
1	18.99900	0.04438	115.592	116.660	-268.290	-209.466
	(STRAIN)	-2.358E-04	3.124E-04	3.139E-04	-2.358E-04	-1.518E-04
1	19.00100	0.04438	115.583	118.613	-10.074	0.833
	(STRAIN)	-2.358E-04	5.353E-04	5.538E-04	-2.358E-04	-1.689E-04
1	58.99900	0.03247	21.208	21.456	-26.638	-23.009
	(STRAIN)	-1.535E-04	2.265E-04	2.284E-04	-1.535E-04	-1.247E-04
1	59.00100	0.03247	21.208	21.755	0.419	1.244
	(STRAIN)	-1.535E-04	3.124E-04	3.247E-04	-1.535E-04	-1.350E-04

Lanjutan Lampiran 9 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2(A) HRS dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 10

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04844	550.000	574.822	440.285	563.456
	(STRAIN)	1.968E-04	-1.878E-05	2.167E-04	-1.878E-05	1.968E-04
1	18.99900	0.04494	119.760	120.919	-247.518	-191.684
	(STRAIN)	-2.435E-04	3.277E-04	3.295E-04	-2.435E-04	-1.567E-04
1	19.00100	0.04493	119.751	122.800	-10.180	1.216
	(STRAIN)	-2.436E-04	5.537E-04	5.724E-04	-2.436E-04	-1.736E-04
1	58.99900	0.03274	21.564	21.819	-27.099	-23.347
	(STRAIN)	-1.563E-04	2.302E-04	2.322E-04	-1.563E-04	-1.265E-04
1	59.00100	0.03274	21.564	22.128	0.422	1.278
	(STRAIN)	-1.563E-04	3.175E-04	3.302E-04	-1.563E-04	-1.371E-04

TIME = 30

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04844	550.000	574.849	440.286	563.449
	(STRAIN)	1.968E-04	-1.879E-05	2.167E-04	-1.879E-05	1.967E-04
1	18.99900	0.04494	119.766	120.924	-247.524	-191.689
	(STRAIN)	-2.436E-04	3.277E-04	3.295E-04	-2.436E-04	-1.567E-04
1	19.00100	0.04494	119.756	122.805	-10.179	1.217
	(STRAIN)	-2.436E-04	5.538E-04	5.725E-04	-2.436E-04	-1.736E-04
1	58.99900	0.03274	21.565	21.820	-27.099	-23.347
	(STRAIN)	-1.563E-04	2.302E-04	2.322E-04	-1.563E-04	-1.265E-04
1	59.00100	0.03274	21.564	22.129	0.422	1.278
	(STRAIN)	-1.563E-04	3.175E-04	3.302E-04	-1.563E-04	-1.371E-04

TIME = 100

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04844	550.000	574.849	440.286	563.449
	(STRAIN)	1.968E-04	-1.879E-05	2.167E-04	-1.879E-05	1.967E-04
1	18.99900	0.04494	119.766	120.924	-247.524	-191.689
	(STRAIN)	-2.436E-04	3.277E-04	3.295E-04	-2.436E-04	-1.567E-04
1	19.00100	0.04494	119.756	122.805	-10.179	1.217
	(STRAIN)	-2.436E-04	5.538E-04	5.725E-04	-2.436E-04	-1.736E-04
1	58.99900	0.03274	21.565	21.820	-27.099	-23.347
	(STRAIN)	-1.563E-04	2.302E-04	2.322E-04	-1.563E-04	-1.265E-04
1	59.00100	0.03274	21.564	22.129	0.422	1.278
	(STRAIN)	-1.563E-04	3.175E-04	3.302E-04	-1.563E-04	-1.371E-04

TIME = 0.001

2	0.00000	0.00775	550.000	1596.730	69.904	1583.008
	(STRAIN)	9.539E-07	-1.251E-06	9.739E-07	-1.251E-06	9.539E-07
2	18.99900	0.00778	1.400	1.400	-2331.039	-2126.420
	(STRAIN)	-1.370E-06	1.651E-06	1.651E-06	-1.370E-06	-1.105E-06
2	19.00100	0.00778	1.400	1.400	0.313	0.355
	(STRAIN)	-1.370E-06	5.297E-06	5.302E-06	-1.370E-06	-1.110E-06
2	58.99900	0.00753	1.021	1.021	-0.268	-0.257
	(STRAIN)	-3.148E-06	7.086E-06	7.087E-06	-3.148E-06	-3.064E-06
2	59.00100	0.00753	1.021	1.021	0.468	0.472
	(STRAIN)	-3.148E-06	9.242E-06	9.249E-06	-3.148E-06	-3.070E-06

Lanjutan Lampiran 9 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2(A) HRS dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  0.003
  2       0.00000    0.01057     550.000    1348.963      69.904    1335.707
          (STRAIN)   2.397E-06  -3.132E-06   2.455E-06  -3.132E-06   2.397E-06
  2      18.99900    0.01064       2.987      2.987    -2046.323   -1842.583
          (STRAIN)  -3.634E-06   4.322E-06   4.322E-06  -3.634E-06  -2.843E-06
  2      19.00100    0.01064       2.987      2.989       0.447       0.574
          (STRAIN)  -3.634E-06   1.195E-05   1.196E-05  -3.634E-06  -2.860E-06
  2      58.99900    0.01011       1.911      1.911      -0.903      -0.872
          (STRAIN)  -7.450E-06   1.489E-05   1.490E-05  -7.450E-06  -7.206E-06
  2      59.00100    0.01011       1.911      1.912       0.696       0.706
          (STRAIN)  -7.450E-06   1.978E-05   1.980E-05  -7.450E-06  -7.225E-06


TIME =  0.01
  2       0.00000    0.01516     550.000    1193.372      84.075    1172.386
          (STRAIN)   6.859E-06  -8.941E-06   7.163E-06  -8.941E-06   6.859E-06
  2      18.99900    0.01527       7.054      7.054    -1719.150   -1517.802
          (STRAIN)  -1.028E-05   1.200E-05   1.200E-05  -1.028E-05  -7.677E-06
  2      19.00100    0.01527       7.054      7.063       0.548       0.962
          (STRAIN)  -1.028E-05   2.965E-05   2.970E-05  -1.028E-05  -7.735E-06
  2      58.99900    0.01406       3.808      3.810      -2.639      -2.544
          (STRAIN)  -1.813E-05   3.307E-05   3.308E-05  -1.813E-05  -1.737E-05
  2      59.00100    0.01406       3.808      3.811       1.011       1.042
          (STRAIN)  -1.813E-05   4.456E-05   4.463E-05  -1.813E-05  -1.743E-05


TIME =  0.03
  2       0.00000    0.02080     550.000     917.025      84.075     898.365
          (STRAIN)   1.536E-05  -1.981E-05   1.617E-05  -1.981E-05   1.536E-05
  2      18.99900    0.02109      15.050      15.050    -1382.357   -1186.167
          (STRAIN)  -2.506E-05   2.858E-05   2.858E-05  -2.506E-05  -1.753E-05
  2      19.00100    0.02109      15.050      15.074       0.282       1.484
          (STRAIN)  -2.506E-05   6.556E-05   6.571E-05  -2.506E-05  -1.768E-05
  2      58.99900    0.01867       6.716       6.720      -5.879      -5.625
          (STRAIN)  -3.683E-05   6.318E-05   6.321E-05  -3.683E-05  -3.482E-05
  2      59.00100    0.01867       6.716       6.724       1.236       1.319
          (STRAIN)  -3.684E-05   8.597E-05   8.616E-05  -3.684E-05  -3.499E-05


TIME =  0.1
  2       0.00000    0.02852     550.000     840.693     166.229     806.347
          (STRAIN)   4.032E-05  -4.921E-05   4.513E-05  -4.921E-05   4.032E-05
  2      18.99900    0.02866      32.104      32.106     -994.839    -811.352
          (STRAIN)  -6.067E-05   6.701E-05   6.701E-05  -6.067E-05  -3.786E-05
  2      19.00100    0.02866      32.102      32.151      -1.249       2.421
          (STRAIN)  -6.068E-05   1.440E-04   1.443E-04  -6.068E-05  -3.816E-05
  2      58.99900    0.02395      11.172      11.182     -11.779     -11.120
          (STRAIN)  -6.942E-05   1.128E-04   1.129E-04  -6.942E-05  -6.418E-05
  2      59.00100    0.02395      11.171      11.194       1.168       1.382
          (STRAIN)  -6.942E-05   1.548E-04   1.553E-04  -6.942E-05  -6.462E-05


TIME =  0.3
  2       0.00000    0.03544     550.000     592.890     166.229     566.829
          (STRAIN)   7.274E-05  -8.227E-05   8.283E-05  -8.227E-05   7.274E-05
  2      18.99900    0.03579      57.218      57.222     -659.945    -498.008
          (STRAIN)  -1.188E-04   1.279E-04   1.279E-04  -1.188E-04  -6.313E-05
  2      19.00100    0.03579      57.214      57.257      -4.527       4.508
          (STRAIN)  -1.188E-04   2.600E-04   2.603E-04  -1.188E-04  -6.340E-05
  2      58.99900    0.02820      15.812      15.832     -18.601     -17.259
          (STRAIN)  -1.065E-04   1.668E-04   1.670E-04  -1.065E-04  -9.582E-05
  2      59.00100    0.02820      15.812      15.857       0.806       1.243
          (STRAIN)  -1.065E-04   2.298E-04   2.308E-04  -1.065E-04  -9.669E-05


TIME =  1
  2       0.00000    0.04336     550.000     548.345     275.410     512.778
          (STRAIN)   1.295E-04  -1.053E-04   1.647E-04  -1.053E-04   1.295E-04
  2      18.99900    0.04234      88.884      88.884     -376.753    -246.710
          (STRAIN)  -1.970E-04   2.125E-04   2.125E-04  -1.970E-04  -8.263E-05
  2      19.00100    0.04234      88.878      88.879      -8.786       9.848
          (STRAIN)  -1.970E-04   4.023E-04   4.023E-04  -1.970E-04  -8.266E-05
  2      58.99900    0.03161      20.230      20.262     -25.142     -22.852
          (STRAIN)  -1.426E-04   2.177E-04   2.180E-04  -1.426E-04  -1.244E-04
  2      59.00100    0.03161      20.229      20.302       0.454       1.204
```

Lanjutan Lampiran 9 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2(A) HRS dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  3
  2       0.00000    0.04809     550.000     528.177     346.871     492.899
          (STRAIN)   1.639E-04  -7.061E-05   2.205E-04  -7.061E-05   1.639E-04
  2      18.99900    0.04558     107.063     107.078    -250.005    -140.623
          (STRAIN)  -2.413E-04   2.686E-04   2.686E-04  -2.413E-04  -8.512E-05
  2      19.00100    0.04558     107.057     107.094     -10.330      15.088
          (STRAIN)  -2.413E-04   4.790E-04   4.792E-04  -2.413E-04  -8.536E-05
  2      58.99900    0.03324      22.472      22.511     -28.217     -25.339
          (STRAIN)  -1.602E-04   2.424E-04   2.427E-04  -1.602E-04  -1.373E-04
  2      59.00100    0.03324      22.471      22.559       0.390       1.336
          (STRAIN)  -1.602E-04   3.347E-04   3.367E-04  -1.602E-04  -1.390E-04


TIME =  10
  2       0.00000    0.04890     550.000     513.567     346.871     479.686
          (STRAIN)   1.694E-04  -6.304E-05   2.287E-04  -6.304E-05   1.694E-04
  2      18.99900    0.04614     110.297     110.321    -229.479    -123.935
          (STRAIN)  -2.489E-04   2.796E-04   2.796E-04  -2.489E-04  -8.474E-05
  2      19.00100    0.04614     110.290     110.349     -10.455      16.243
          (STRAIN)  -2.489E-04   4.920E-04   4.924E-04  -2.489E-04  -8.509E-05
  2      58.99900    0.03353      22.866      22.906     -28.727     -25.741
          (STRAIN)  -1.631E-04   2.466E-04   2.469E-04  -1.631E-04  -1.394E-04
  2      59.00100    0.03353      22.865      22.956       0.393       1.375
          (STRAIN)  -1.631E-04   3.405E-04   3.425E-04  -1.631E-04  -1.411E-04


TIME =  30
  2       0.00000    0.04890     550.000     513.573     346.871     479.694
          (STRAIN)   1.694E-04  -6.305E-05   2.287E-04  -6.305E-05   1.694E-04
  2      18.99900    0.04614     110.301     110.324    -229.481    -123.932
          (STRAIN)  -2.489E-04   2.796E-04   2.796E-04  -2.489E-04  -8.473E-05
  2      19.00100    0.04614     110.294     110.352     -10.454      16.246
          (STRAIN)  -2.489E-04   4.920E-04   4.924E-04  -2.489E-04  -8.509E-05
  2      58.99900    0.03353      22.866      22.907     -28.728     -25.741
          (STRAIN)  -1.632E-04   2.466E-04   2.469E-04  -1.632E-04  -1.394E-04
  2      59.00100    0.03353      22.866      22.956       0.393       1.375
          (STRAIN)  -1.632E-04   3.405E-04   3.425E-04  -1.632E-04  -1.411E-04


TIME =  100
  2       0.00000    0.04890     550.000     513.573     346.871     479.694
          (STRAIN)   1.694E-04  -6.305E-05   2.287E-04  -6.305E-05   1.694E-04
  2      18.99900    0.04614     110.301     110.324    -229.481    -123.932
          (STRAIN)  -2.489E-04   2.796E-04   2.796E-04  -2.489E-04  -8.473E-05
  2      19.00100    0.04614     110.294     110.352     -10.454      16.246
          (STRAIN)  -2.489E-04   4.920E-04   4.924E-04  -2.489E-04  -8.509E-05
  2      58.99900    0.03353      22.866      22.907     -28.728     -25.741
          (STRAIN)  -1.632E-04   2.466E-04   2.469E-04  -1.632E-04  -1.394E-04
  2      59.00100    0.03353      22.866      22.956       0.393       1.375
          (STRAIN)  -1.632E-04   3.405E-04   3.425E-04  -1.632E-04  -1.411E-04


TIME =  0.001
  3       0.00000    0.00745       0.000    1561.252      50.739    1546.069
          (STRAIN)   9.382E-07  -1.241E-06   9.604E-07  -1.241E-06   9.382E-07
  3      18.99900    0.00747       1.339       1.339   -2310.629   -2079.766
          (STRAIN)  -1.369E-06   1.626E-06   1.626E-06  -1.369E-06  -1.070E-06
  3      19.00100    0.00747       1.339       1.339       0.284       0.333
          (STRAIN)  -1.369E-06   5.105E-06   5.105E-06  -1.369E-06  -1.070E-06
  3      58.99900    0.00723       0.965       0.965      -0.295      -0.285
          (STRAIN)  -3.133E-06   6.869E-06   6.869E-06  -3.133E-06  -3.057E-06
  3      59.00100    0.00723       0.965       0.965       0.423       0.427
          (STRAIN)  -3.133E-06   8.995E-06   8.995E-06  -3.134E-06  -3.057E-06


TIME =  0.003
  3       0.00000    0.01034       0.000    1337.300      50.739    1322.516
          (STRAIN)   2.394E-06  -3.161E-06   2.459E-06  -3.161E-06   2.394E-06
  3      18.99900    0.01040       2.983       2.983   -2052.698   -1822.640
          (STRAIN)  -3.674E-06   4.307E-06   4.307E-06  -3.674E-06  -2.781E-06
  3      19.00100    0.01040       2.982       2.982       0.441       0.586
          (STRAIN)  -3.674E-06   1.192E-05   1.192E-05  -3.674E-06  -2.781E-06
  3      58.99900    0.00987       1.920       1.920      -0.950      -0.922
          (STRAIN)  -7.644E-06   1.515E-05   1.515E-05  -7.644E-06  -7.422E-06
  3      59.00100    0.00987       1.920       1.920       0.680       0.690
```

Lanjutan Lampiran 9 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2(A) HRS dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  0.01
  3       0.00000    0.01518       0.000    1041.998      50.739    1028.272
          (STRAIN)   6.131E-06  -8.061E-06   6.330E-06  -8.061E-06   6.131E-06
  3      18.99900    0.01537       7.056       7.056   -1704.881   -1477.080
          (STRAIN)  -1.029E-05   1.180E-05   1.180E-05  -1.029E-05  -7.355E-06
  3      19.00100    0.01537       7.056       7.056       0.573       1.052
          (STRAIN)  -1.030E-05   2.949E-05   2.949E-05  -1.030E-05  -7.356E-06
  3      58.99900    0.01415       3.874       3.874      -2.658      -2.571
          (STRAIN)  -1.832E-05   3.355E-05   3.355E-05  -1.832E-05  -1.763E-05
  3      59.00100    0.01415       3.874       3.874       1.040       1.071
          (STRAIN)  -1.832E-05   4.520E-05   4.520E-05  -1.832E-05  -1.763E-05


TIME =  0.03
  3       0.00000    0.02103       0.000    1008.051     104.747     979.817
          (STRAIN)   1.650E-05  -2.130E-05   1.771E-05  -2.130E-05   1.650E-05
  3      18.99900    0.02119      14.897      14.897   -1362.006   -1139.119
          (STRAIN)  -2.502E-05   2.784E-05   2.784E-05  -2.502E-05  -1.646E-05
  3      19.00100    0.02119      14.895      14.895       0.304       1.700
          (STRAIN)  -2.502E-05   6.452E-05   6.452E-05  -2.502E-05  -1.645E-05
  3      58.99900    0.01876       6.750       6.750      -5.877      -5.643
          (STRAIN)  -3.685E-05   6.342E-05   6.342E-05  -3.685E-05  -3.499E-05
  3      59.00100    0.01876       6.750       6.750       1.256       1.338
          (STRAIN)  -3.685E-05   8.628E-05   8.628E-05  -3.685E-05  -3.499E-05


TIME =  0.1
  3       0.00000    0.02824       0.000     705.884     104.747     682.605
          (STRAIN)   3.580E-05  -4.502E-05   3.906E-05  -4.502E-05   3.580E-05
  3      18.99900    0.02874      31.546      31.546    -975.011    -764.503
          (STRAIN)  -6.055E-05   6.460E-05   6.460E-05  -6.055E-05  -3.438E-05
  3      19.00100    0.02874      31.539      31.539      -1.215       3.055
          (STRAIN)  -6.056E-05   1.404E-04   1.404E-04  -6.056E-05  -3.436E-05
  3      58.99900    0.02402      11.230      11.230     -11.837     -11.224
          (STRAIN)  -6.964E-05   1.135E-04   1.135E-04  -6.964E-05  -6.478E-05
  3      59.00100    0.02402      11.230      11.230       1.174       1.391
          (STRAIN)  -6.964E-05   1.557E-04   1.557E-04  -6.964E-05  -6.478E-05


TIME =  0.3
  3       0.00000    0.03590       0.000     647.794     188.192     607.283
          (STRAIN)   7.543E-05  -8.675E-05   9.110E-05  -8.675E-05   7.543E-05
  3      18.99900    0.03590      55.513      55.513    -639.631    -450.864
          (STRAIN)  -1.183E-04   1.208E-04   1.208E-04  -1.183E-04  -5.337E-05
  3      19.00100    0.03590      55.511      55.511      -4.457       6.125
          (STRAIN)  -1.183E-04   2.497E-04   2.497E-04  -1.183E-04  -5.338E-05
  3      58.99900    0.02829      15.934      15.934     -18.743     -17.486
          (STRAIN)  -1.071E-04   1.683E-04   1.683E-04  -1.071E-04  -9.707E-05
  3      59.00100    0.02829      15.933      15.933       0.807       1.252
          (STRAIN)  -1.071E-04   2.319E-04   2.319E-04  -1.071E-04  -9.707E-05


TIME =  1
  3       0.00000    0.04348       0.000     539.211     252.729     488.538
          (STRAIN)   1.214E-04  -1.119E-04   1.715E-04  -1.119E-04   1.214E-04
  3      18.99900    0.04243      84.397      84.397    -358.335    -203.642
          (STRAIN)  -1.951E-04   1.942E-04   1.942E-04  -1.951E-04  -5.908E-05
  3      19.00100    0.04243      84.392      84.392      -8.665      13.504
          (STRAIN)  -1.951E-04   3.759E-04   3.759E-04  -1.951E-04  -5.909E-05
  3      58.99900    0.03173      20.424      20.424     -25.381     -23.215
          (STRAIN)  -1.436E-04   2.202E-04   2.202E-04  -1.436E-04  -1.264E-04
  3      59.00100    0.03173      20.423      20.423       0.451       1.218
          (STRAIN)  -1.436E-04   3.041E-04   3.041E-04  -1.436E-04  -1.264E-04


TIME =  3
  3       0.00000    0.04740       0.000     448.721     252.729     407.523
          (STRAIN)   1.456E-04  -1.030E-04   2.118E-04  -1.030E-04   1.456E-04
  3      18.99900    0.04564     100.024     100.024    -234.357    -102.518
          (STRAIN)  -2.380E-04   2.395E-04   2.395E-04  -2.380E-04  -4.976E-05
  3      19.00100    0.04564     100.018     100.018     -10.193      20.489
          (STRAIN)  -2.380E-04   4.382E-04   4.382E-04  -2.380E-04  -4.977E-05
  3      58.99900    0.03339      22.706      22.706     -28.510     -25.771
          (STRAIN)  -1.614E-04   2.453E-04   2.453E-04  -1.614E-04  -1.396E-04
```

Lanjutan Lampiran 9 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 2(A) HRS dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  10
  3       0.00000    0.04812       0.000     434.084     252.730     394.592
          (STRAIN)   1.498E-04  -9.843E-05   2.189E-04  -9.843E-05   1.498E-04
  3      18.99900    0.04619     102.714     102.714    -214.479     -86.943
          (STRAIN)  -2.453E-04   2.481E-04   2.481E-04  -2.453E-04  -4.693E-05
  3      19.00100    0.04619     102.707     102.707     -10.318      22.010
          (STRAIN)  -2.453E-04   4.483E-04   4.483E-04  -2.453E-04  -4.694E-05
  3      58.99900    0.03367      23.107      23.107     -29.030     -26.185
          (STRAIN)  -1.644E-04   2.496E-04   2.496E-04  -1.644E-04  -1.418E-04
  3      59.00100    0.03367      23.106      23.106       0.387       1.395
          (STRAIN)  -1.644E-04   3.447E-04   3.447E-04  -1.644E-04  -1.418E-04


TIME =  30
  3       0.00000    0.04812       0.000     434.087     252.730     394.597
          (STRAIN)   1.498E-04  -9.843E-05   2.189E-04  -9.843E-05   1.498E-04
  3      18.99900    0.04619     102.716     102.716    -214.479     -86.936
          (STRAIN)  -2.453E-04   2.481E-04   2.481E-04  -2.453E-04  -4.692E-05
  3      19.00100    0.04619     102.710     102.710     -10.317      22.012
          (STRAIN)  -2.453E-04   4.483E-04   4.483E-04  -2.453E-04  -4.693E-05
  3      58.99900    0.03367      23.107      23.107     -29.031     -26.185
          (STRAIN)  -1.644E-04   2.496E-04   2.496E-04  -1.644E-04  -1.418E-04
  3      59.00100    0.03367      23.106      23.106       0.387       1.395
          (STRAIN)  -1.644E-04   3.447E-04   3.447E-04  -1.644E-04  -1.418E-04


TIME =  100
  3       0.00000    0.04812       0.000     434.087     252.730     394.597
          (STRAIN)   1.498E-04  -9.843E-05   2.189E-04  -9.843E-05   1.498E-04
  3      18.99900    0.04619     102.716     102.716    -214.479     -86.936
          (STRAIN)  -2.453E-04   2.481E-04   2.481E-04  -2.453E-04  -4.692E-05
  3      19.00100    0.04619     102.710     102.710     -10.317      22.012
          (STRAIN)  -2.453E-04   4.483E-04   4.483E-04  -2.453E-04  -4.693E-05
  3      58.99900    0.03367      23.107      23.107     -29.031     -26.185
          (STRAIN)  -1.644E-04   2.496E-04   2.496E-04  -1.644E-04  -1.418E-04
  3      59.00100    0.03367      23.106      23.106       0.387       1.395
          (STRAIN)  -1.644E-04   3.447E-04   3.447E-04  -1.644E-04  -1.418E-04
```

Lampiran 10 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 3(A) *Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

```
INPUT FILE NAME  -C:\Alternatif 3A.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED =  1

TITLE -Alternatif 3A

MATL = 3 FOR VISCOELASTIC LAYERED SYSTEM
NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED
NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) =  1
NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) =  1
TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- =  0.001
NUMBER OF LAYERS (NL)------------- =  5
NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)------ =  5
LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- =  80
COMPUTING CODE (NSTD)------------- =  9
SYSTEM OF UNITS (NUNIT)------------=  1

Length and displacement in cm, stress and modulus in kPa
unit weight in kN/m^3, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4  10  20  30
POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0.4  0.4  0.35  0.2  0.45
VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE:  0  13.999  14.001  63.999
 64.001
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE :    1  1.100E+06   2  1.200E+06
   3  2.200E+05   4  3.500E+05   5  6.730E+04

LOAD GROUP NO. 1  HAS 2  CONTACT AREAS
CONTACT RADIUS (CR)--------------- =  11
CONTACT PRESSURE (CP)------------- =  550
NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- =  3
WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)--------------------- =  0
WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)--------------------- =  33

RESPONSE PT. NO. AND (XPT, YPT) ARE:  1   0.000   0.000  2   0.000  10.000
  3   0.000  16.500

DURATION OF MOVING LOAD (DUR) =  0
NUMBER OF VISCOELASTIC LAYER (NVL)          =  2
LAYER NUMBERS WHICH ARE VISCOELASTIC (LNV) =  1  1
CREEP TIMES (TYME) ARE: 0.001  0.003  0.01  0.03  0.1  0.3  1  3  10  30  100

FOR LAYER 1  TIME TEMPERATURE SHIFT FACTOR (BETA) =  0.113
REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) =  25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP. (TEMREF) OF 25  ARE:
  7.570E-10  2.269E-09  7.541E-09  2.244E-08  7.266E-08  2.010E-07  5.139E-07
  8.344E-07  9.089E-07  9.091E-07  9.091E-07

FOR LAYER 1  TIME TEMPERATURE SHIFT FACTOR (BETA) =  0.113
REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) =  25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP. (TEMREF) OF 25  ARE:
  6.939E-10  2.080E-09  6.913E-09  2.057E-08  6.660E-08  1.843E-07  4.710E-07
  7.649E-07  8.331E-07  8.333E-07  8.333E-07

PERIOD NO.  1   LOAD GROUP NO.  1

TIME =  0.001

 POINT    VERTICAL   VERTICAL     VERTICAL      MAJOR       MINOR   INTERMEDIATE
                      DISPL.                  PRINCIPAL   PRINCIPAL   PRINCIPAL
  NO.    COORDINATE (HORIZONTAL   STRESS      STRESS      STRESS      STRESS
                     P. STRAIN)  (STRAIN)    (STRAIN)    (STRAIN)    (STRAIN)

  1       0.00000    0.02279     550.000   15766.210     153.634   15285.150
          (STRAIN)   6.750E-06  -9.286E-06   7.260E-06  -9.286E-06   6.750E-06
  1      13.99900    0.02263      29.352      29.618      -53.301     -45.043
          (STRAIN)  -3.928E-05   5.715E-05   5.746E-05  -3.928E-05  -2.964E-05
  1      14.00100    0.02263      29.351      30.139        3.382       4.215
          (STRAIN)  -3.928E-05   1.201E-04   1.249E-04  -3.928E-05  -3.417E-05
  1      63.99900    0.01928       8.207       8.231      -18.762     -17.538
          (STRAIN)  -4.829E-05   4.418E-05   4.426E-05  -4.829E-05  -4.409E-05
```

Lanjutan Lampiran 10 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 3(A) *Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 0.003

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.02723	550.000	10395.690	162.758	9775.488
	(STRAIN)	1.260E-05	-1.794E-05	1.457E-05	-1.794E-05	1.260E-05
1	13.99900	0.02681	49.645	50.141	-102.103	-82.858
	(STRAIN)	-7.418E-05	1.029E-04	1.034E-04	-7.418E-05	-5.173E-05
1	14.00100	0.02681	49.641	51.144	3.643	5.892
	(STRAIN)	-7.418E-05	2.081E-04	2.173E-04	-7.418E-05	-6.038E-05
1	63.99900	0.02161	10.727	10.772	-26.404	-24.165
	(STRAIN)	-6.779E-05	5.952E-05	5.967E-05	-6.779E-05	-6.011E-05
1	64.00100	0.02161	10.727	10.886	0.779	0.983
	(STRAIN)	-6.779E-05	1.465E-04	1.500E-04	-6.779E-05	-6.339E-05

TIME = 0.01

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.03170	550.000	7297.614	292.415	6990.472
	(STRAIN)	2.982E-05	-4.089E-05	3.306E-05	-4.089E-05	2.982E-05
1	13.99900	0.03056	77.261	77.992	-180.373	-140.981
	(STRAIN)	-1.293E-04	1.713E-04	1.721E-04	-1.293E-04	-8.336E-05
1	14.00100	0.03056	77.259	79.538	1.936	7.283
	(STRAIN)	-1.293E-04	3.329E-04	3.469E-04	-1.293E-04	-9.651E-05
1	63.99900	0.02320	12.807	12.876	-33.176	-29.669
	(STRAIN)	-8.519E-05	7.247E-05	7.270E-05	-8.519E-05	-7.317E-05
1	64.00100	0.02320	12.807	13.050	0.519	0.845
	(STRAIN)	-8.520E-05	1.796E-04	1.848E-04	-8.520E-05	-7.817E-05

TIME = 0.03

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.03521	550.000	4973.118	440.285	4833.408
	(STRAIN)	5.986E-05	-7.813E-05	6.425E-05	-7.813E-05	5.986E-05
1	13.99900	0.03318	103.354	104.124	-261.658	-202.481
	(STRAIN)	-1.853E-04	2.406E-04	2.415E-04	-1.853E-04	-1.162E-04
1	14.00100	0.03318	103.341	105.811	-0.926	8.007
	(STRAIN)	-1.853E-04	4.545E-04	4.697E-04	-1.853E-04	-1.305E-04
1	63.99900	0.02410	14.019	14.104	-37.025	-32.583
	(STRAIN)	-9.523E-05	7.978E-05	8.007E-05	-9.523E-05	-8.000E-05
1	64.00100	0.02410	14.019	14.318	0.407	0.828
	(STRAIN)	-9.523E-05	1.980E-04	2.045E-04	-9.523E-05	-8.615E-05

TIME = 0.1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.03798	550.000	2539.312	440.285	2478.404
	(STRAIN)	9.348E-05	-1.138E-04	9.968E-05	-1.138E-04	9.348E-05
1	13.99900	0.03560	129.046	129.716	-333.699	-261.371
	(STRAIN)	-2.342E-04	3.057E-04	3.065E-04	-2.342E-04	-1.498E-04
1	14.00100	0.03560	129.036	131.221	-2.322	9.373
	(STRAIN)	-2.342E-04	5.718E-04	5.852E-04	-2.342E-04	-1.625E-04
1	63.99900	0.02510	15.086	15.183	-39.590	-34.436
	(STRAIN)	-1.021E-04	8.535E-05	8.568E-05	-1.021E-04	-8.444E-05
1	64.00100	0.02510	15.086	15.427	0.532	1.026
	(STRAIN)	-1.021E-04	2.115E-04	2.188E-04	-1.021E-04	-9.146E-05

Lanjutan Lampiran 10 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 3(A) *Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 0.3

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04020	550.000	1442.658	440.285	1410.349
	(STRAIN)	1.321E-04	-1.409E-04	1.412E-04	-1.409E-04	1.321E-04
1	13.99900	0.03786	148.869	149.463	-366.345	-289.471
	(STRAIN)	-2.586E-04	3.425E-04	3.432E-04	-2.586E-04	-1.689E-04
1	14.00100	0.03786	148.856	150.774	0.542	13.351
	(STRAIN)	-2.586E-04	6.515E-04	6.632E-04	-2.586E-04	-1.800E-04
1	63.99900	0.02633	16.271	16.379	-41.810	-36.047
	(STRAIN)	-1.082E-04	9.092E-05	9.129E-05	-1.082E-04	-8.846E-05
1	64.00100	0.02633	16.271	16.650	0.835	1.390
	(STRAIN)	-1.082E-04	2.244E-04	2.325E-04	-1.082E-04	-9.626E-05

TIME = 1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04237	550.000	897.755	440.285	879.889
	(STRAIN)	1.771E-04	-1.391E-04	1.900E-04	-1.391E-04	1.771E-04
1	13.99900	0.04015	166.896	167.445	-376.661	-297.627
	(STRAIN)	-2.705E-04	3.637E-04	3.643E-04	-2.705E-04	-1.783E-04
1	14.00100	0.04015	166.880	168.615	6.442	19.840
	(STRAIN)	-2.705E-04	7.140E-04	7.246E-04	-2.705E-04	-1.883E-04
1	63.99900	0.02763	17.595	17.716	-44.407	-37.942
	(STRAIN)	-1.153E-04	9.726E-05	9.767E-05	-1.153E-04	-9.315E-05
1	64.00100	0.02763	17.595	18.018	1.142	1.767
	(STRAIN)	-1.153E-04	2.392E-04	2.483E-04	-1.153E-04	-1.019E-04

TIME = 3

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04468	550.000	860.866	583.617	848.224
	(STRAIN)	2.256E-04	-8.345E-05	2.404E-04	-8.346E-05	2.256E-04
1	13.99900	0.04127	176.196	176.726	-379.682	-299.621
	(STRAIN)	-2.754E-04	3.731E-04	3.737E-04	-2.754E-04	-1.820E-04
1	14.00100	0.04126	176.182	177.834	9.877	23.548
	(STRAIN)	-2.755E-04	7.450E-04	7.552E-04	-2.755E-04	-1.916E-04
1	63.99900	0.02822	18.244	18.371	-45.798	-38.947
	(STRAIN)	-1.191E-04	1.005E-04	1.009E-04	-1.191E-04	-9.560E-05
1	64.00100	0.02822	18.243	18.690	1.262	1.926
	(STRAIN)	-1.191E-04	2.468E-04	2.564E-04	-1.191E-04	-1.048E-04

TIME = 10

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04492	550.000	828.618	583.617	816.753
	(STRAIN)	2.289E-04	-6.774E-05	2.440E-04	-6.774E-05	2.289E-04
1	13.99900	0.04145	177.798	178.324	-380.234	-299.993
	(STRAIN)	-2.763E-04	3.747E-04	3.753E-04	-2.763E-04	-1.827E-04
1	14.00100	0.04145	177.784	179.421	10.463	24.181
	(STRAIN)	-2.764E-04	7.504E-04	7.604E-04	-2.764E-04	-1.922E-04
1	63.99900	0.02831	18.349	18.478	-46.032	-39.115
	(STRAIN)	-1.197E-04	1.010E-04	1.015E-04	-1.197E-04	-9.601E-05
1	64.00100	0.02831	18.349	18.799	1.279	1.950
	(STRAIN)	-1.197E-04	2.480E-04	2.577E-04	-1.197E-04	-1.053E-04

Lanjutan Lampiran 10 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 3(A) *Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 30

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04492	550.000	828.562	583.618	816.634
	(STRAIN)	2.289E-04	-6.769E-05	2.441E-04	-6.769E-05	2.289E-04
1	13.99900	0.04145	177.802	178.328	-380.235	-299.994
	(STRAIN)	-2.763E-04	3.747E-04	3.754E-04	-2.763E-04	-1.827E-04
1	14.00100	0.04145	177.788	179.426	10.464	24.183
	(STRAIN)	-2.764E-04	7.504E-04	7.605E-04	-2.764E-04	-1.922E-04
1	63.99900	0.02831	18.350	18.478	-46.033	-39.116
	(STRAIN)	-1.197E-04	1.010E-04	1.015E-04	-1.197E-04	-9.601E-05
1	64.00100	0.02831	18.349	18.800	1.279	1.950
	(STRAIN)	-1.197E-04	2.480E-04	2.577E-04	-1.197E-04	-1.053E-04

TIME = 100

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	MAJOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	MINOR PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)	INTERMEDIATE PRINCIPAL SIRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04492	550.000	828.562	583.618	816.634
	(STRAIN)	2.289E-04	-6.769E-05	2.441E-04	-6.769E-05	2.289E-04
1	13.99900	0.04145	177.802	178.328	-380.235	-299.994
	(STRAIN)	-2.763E-04	3.747E-04	3.754E-04	-2.763E-04	-1.827E-04
1	14.00100	0.04145	177.788	179.426	10.464	24.183
	(STRAIN)	-2.764E-04	7.504E-04	7.605E-04	-2.764E-04	-1.922E-04
1	63.99900	0.02831	18.350	18.478	-46.033	-39.116
	(STRAIN)	-1.197E-04	1.010E-04	1.015E-04	-1.197E-04	-9.601E-05
1	64.00100	0.02831	18.349	18.800	1.279	1.950
	(STRAIN)	-1.197E-04	2.480E-04	2.577E-04	-1.197E-04	-1.053E-04

TIME = 0.001

2	0.00000	0.02297	550.000	15572.710	143.826	15061.150
	(STRAIN)	6.642E-06	-9.167E-06	7.184E-06	-9.167E-06	6.642E-06
2	13.99900	0.02300	30.887	30.919	-55.644	-46.665
	(STRAIN)	-4.112E-05	5.983E-05	5.987E-05	-4.112E-05	-3.065E-05
2	14.00100	0.02300	30.888	30.984	3.634	5.250
	(STRAIN)	-4.113E-05	1.261E-04	1.267E-04	-4.113E-05	-3.121E-05
2	63.99900	0.01947	8.437	8.441	-19.216	-18.412
	(STRAIN)	-4.921E-05	4.560E-05	4.562E-05	-4.921E-05	-4.645E-05
2	64.00100	0.01947	8.436	8.450	0.987	1.101
	(STRAIN)	-4.921E-05	1.113E-04	1.116E-04	-4.921E-05	-4.674E-05

TIME = 0.003

2	0.00000	0.02780	550.000	10888.220	166.229	10248.140
	(STRAIN)	1.322E-05	-1.881E-05	1.525E-05	-1.881E-05	1.322E-05
2	13.99900	0.02743	52.432	52.482	-106.531	-84.001
	(STRAIN)	-7.827E-05	1.072E-04	1.072E-04	-7.827E-05	-5.198E-05
2	14.00100	0.02743	52.430	52.584	4.050	8.189
	(STRAIN)	-7.828E-05	2.186E-04	2.195E-04	-7.828E-05	-5.288E-05
2	63.99900	0.02191	11.127	11.134	-27.234	-25.724
	(STRAIN)	-6.947E-05	6.205E-05	6.207E-05	-6.947E-05	-6.430E-05
2	64.00100	0.02191	11.126	11.152	0.800	1.015
	(STRAIN)	-6.948E-05	1.530E-04	1.536E-04	-6.948E-05	-6.483E-05

TIME = 0.01

2	0.00000	0.03266	550.000	7667.056	275.410	6811.958
	(STRAIN)	2.741E-05	-4.160E-05	3.644E-05	-4.160E-05	2.741E-05
2	13.99900	0.03145	80.257	80.299	-184.705	-131.975
	(STRAIN)	-1.367E-04	1.724E-04	1.725E-04	-1.367E-04	-7.518E-05
2	14.00100	0.03145	80.248	80.380	2.345	12.252
	(STRAIN)	-1.367E-04	3.413E-04	3.421E-04	-1.367E-04	-7.592E-05
2	63.99900	0.02359	13.402	13.412	-34.467	-32.026
	(STRAIN)	-8.784E-05	7.628E-05	7.632E-05	-8.784E-05	-7.947E-05
2	64.00100	0.02359	13.401	13.440	0.535	0.886
	(STRAIN)	-8.784E-05	1.894E-04	1.902E-04	-8.784E-05	-8.028E-05

Lanjutan Lampiran 10 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 3(A) *Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  0.03
  2       0.00000    0.03567     550.000    4037.586     275.410    3571.086
          (STRAIN)   4.142E-05  -6.211E-05   5.607E-05  -6.211E-05   4.142E-05
  2      13.99900    0.03413     102.539     102.543    -256.408    -162.716
          (STRAIN)  -1.936E-04   2.252E-04   2.252E-04  -1.936E-04  -8.431E-05
  2      14.00100    0.03412     102.534     102.546      -0.734      17.067
          (STRAIN)  -1.936E-04   4.401E-04   4.401E-04  -1.936E-04  -8.440E-05
  2      63.99900    0.02455      14.746      14.759     -38.647     -35.469
          (STRAIN)  -9.858E-05   8.447E-05   8.452E-05  -9.858E-05  -8.769E-05
  2      64.00100    0.02455      14.745      14.793       0.416       0.876
          (STRAIN)  -9.859E-05   2.101E-04   2.112E-04  -9.859E-05  -8.869E-05


TIME =  0.1
  2       0.00000    0.03854     550.000    2309.681     346.870    1990.669
          (STRAIN)   6.743E-05  -9.978E-05   9.988E-05  -9.978E-05   6.743E-05
  2      13.99900    0.03638     119.577     119.628    -305.302    -166.922
          (STRAIN)  -2.387E-04   2.570E-04   2.571E-04  -2.387E-04  -7.721E-05
  2      14.00100    0.03638     119.574     119.727      -2.225      23.936
          (STRAIN)  -2.387E-04   5.087E-04   5.097E-04  -2.387E-04  -7.814E-05
  2      63.99900    0.02560      15.913      15.928     -41.456     -37.693
          (STRAIN)  -1.060E-04   9.069E-05   9.074E-05  -1.060E-04  -9.311E-05
  2      64.00100    0.02560      15.912      15.968       0.539       1.085
          (STRAIN)  -1.060E-04   2.252E-04   2.264E-04  -1.060E-04  -9.425E-05


TIME =  0.3
  2       0.00000    0.04062     550.000    1304.866     346.870    1146.127
          (STRAIN)   9.758E-05  -1.274E-04   1.423E-04  -1.274E-04   9.758E-05
  2      13.99900    0.03850     131.829     132.081    -316.138    -149.140
          (STRAIN)  -2.578E-04   2.649E-04   2.652E-04  -2.578E-04  -6.293E-05
  2      14.00100    0.03849     131.820     132.525       0.852      31.948
          (STRAIN)  -2.578E-04   5.459E-04   5.502E-04  -2.578E-04  -6.697E-05
  2      63.99900    0.02688      17.193      17.210     -43.885     -39.629
          (STRAIN)  -1.126E-04   9.684E-05   9.689E-05  -1.126E-04  -9.798E-05
  2      64.00100    0.02688      17.193      17.254       0.848       1.466
          (STRAIN)  -1.126E-04   2.396E-04   2.409E-04  -1.126E-04  -9.925E-05


TIME =  1
  2       0.00000    0.04268     550.000     805.067     346.870     723.234
          (STRAIN)   1.349E-04  -1.359E-04   1.937E-04  -1.359E-04   1.349E-04
  2      13.99900    0.04071     144.392     144.928    -310.348    -123.818
          (STRAIN)  -2.657E-04   2.649E-04   2.655E-04  -2.657E-04  -4.804E-05
  2      14.00100    0.04071     144.386     145.770       6.971      41.152
          (STRAIN)  -2.657E-04   5.775E-04   5.860E-04  -2.657E-04  -5.594E-05
  2      63.99900    0.02823      18.629      18.648     -46.725     -41.902
          (STRAIN)  -1.202E-04   1.039E-04   1.039E-04  -1.202E-04  -1.037E-04
  2      64.00100    0.02823      18.628      18.697       1.162       1.864
          (STRAIN)  -1.202E-04   2.561E-04   2.576E-04  -1.202E-04  -1.051E-04


TIME =  3
  2       0.00000    0.04377     550.000     633.999     346.870     577.326
          (STRAIN)   1.543E-04  -1.149E-04   2.205E-04  -1.149E-04   1.543E-04
  2      13.99900    0.04179     151.196     151.903    -306.407    -110.917
          (STRAIN)  -2.690E-04   2.649E-04   2.657E-04  -2.690E-04  -4.093E-05
  2      14.00100    0.04179     151.190     152.943      10.437      45.985
          (STRAIN)  -2.690E-04   5.947E-04   6.054E-04  -2.690E-04  -5.090E-05
  2      63.99900    0.02885      19.337      19.357     -48.249     -43.109
          (STRAIN)  -1.243E-04   1.074E-04   1.075E-04  -1.243E-04  -1.067E-04
  2      64.00100    0.02885      19.336      19.409       1.285       2.033
          (STRAIN)  -1.243E-04   2.646E-04   2.662E-04  -1.243E-04  -1.082E-04


TIME =  10
  2       0.00000    0.04396     550.000     608.350     346.870     555.416
          (STRAIN)   1.575E-04  -1.078E-04   2.249E-04  -1.078E-04   1.575E-04
  2      13.99900    0.04197     152.369     153.107    -305.812    -108.798
          (STRAIN)  -2.696E-04   2.649E-04   2.658E-04  -2.696E-04  -3.976E-05
  2      14.00100    0.04197     152.364     154.181      11.020      46.800
          (STRAIN)  -2.696E-04   5.977E-04   6.088E-04  -2.696E-04  -5.009E-05
  2      63.99900    0.02895      19.453      19.473     -48.506     -43.312
          (STRAIN)  -1.250E-04   1.080E-04   1.081E-04  -1.250E-04  -1.072E-04
  2      64.00100    0.02895      19.452      19.525       1.303       2.059
```

Lanjutan Lampiran 10 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 3(A) *Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

```
TIME =  30
  2       0.00000    0.04396     550.000     608.283     346.870     555.352
          (STRAIN)   1.575E-04  -1.078E-04   2.249E-04  -1.078E-04   1.575E-04
  2      13.99900    0.04197     152.372     153.111    -305.810    -108.792
          (STRAIN)  -2.696E-04   2.649E-04   2.658E-04  -2.696E-04  -3.976E-05
  2      14.00100    0.04197     152.367     154.184      11.022      46.802
          (STRAIN)  -2.697E-04   5.977E-04   6.088E-04  -2.697E-04  -5.009E-05
  2      63.99900    0.02895      19.453      19.473     -48.507     -43.312
          (STRAIN)  -1.250E-04   1.080E-04   1.081E-04  -1.250E-04  -1.072E-04
  2      64.00100    0.02895      19.452      19.525       1.303       2.059
          (STRAIN)  -1.250E-04   2.661E-04   2.676E-04  -1.250E-04  -1.087E-04


TIME =  100
  2       0.00000    0.04396     550.000     608.283     346.870     555.352
          (STRAIN)   1.575E-04  -1.078E-04   2.249E-04  -1.078E-04   1.575E-04
  2      13.99900    0.04197     152.372     153.111    -305.810    -108.792
          (STRAIN)  -2.696E-04   2.649E-04   2.658E-04  -2.696E-04  -3.976E-05
  2      14.00100    0.04197     152.367     154.184      11.022      46.802
          (STRAIN)  -2.697E-04   5.977E-04   6.088E-04  -2.697E-04  -5.009E-05
  2      63.99900    0.02895      19.453      19.473     -48.507     -43.312
          (STRAIN)  -1.250E-04   1.080E-04   1.081E-04  -1.250E-04  -1.072E-04
  2      64.00100    0.02895      19.452      19.525       1.303       2.059
          (STRAIN)  -1.250E-04   2.661E-04   2.676E-04  -1.250E-04  -1.087E-04


TIME =  0.001
  3       0.00000    0.02313       0.000   14754.670     104.747   14173.150
          (STRAIN)   6.229E-06  -8.680E-06   6.846E-06  -8.680E-06   6.229E-06
  3      13.99900    0.02310      31.042      31.042     -55.695     -46.190
          (STRAIN)  -4.136E-05   5.983E-05   5.983E-05  -4.136E-05  -3.027E-05
  3      14.00100    0.02310      31.041      31.041       3.687       5.494
          (STRAIN)  -4.137E-05   1.265E-04   1.265E-04  -4.137E-05  -3.028E-05
  3      63.99900    0.01954       8.491       8.491     -19.291     -18.567
          (STRAIN)  -4.936E-05   4.589E-05   4.589E-05  -4.936E-05  -4.688E-05
  3      64.00100    0.01954       8.491       8.491       1.001       1.117
          (STRAIN)  -4.936E-05   1.120E-04   1.120E-04  -4.936E-05  -4.688E-05


TIME =  0.003
  3       0.00000    0.02814       0.000   12013.480     188.192   10949.020
          (STRAIN)   1.377E-05  -2.041E-05   1.715E-05  -2.041E-05   1.377E-05
  3      13.99900    0.02756      52.551      52.551     -106.248     -81.939
          (STRAIN)  -7.874E-05   1.065E-04   1.065E-04  -7.874E-05  -5.038E-05
  3      14.00100    0.02756      52.549      52.549       4.130       8.752
          (STRAIN)  -7.875E-05   2.184E-04   2.184E-04  -7.875E-05  -5.039E-05
  3      63.99900    0.02198      11.209      11.209     -27.378     -26.007
          (STRAIN)  -6.977E-05   6.253E-05   6.253E-05  -6.977E-05  -6.507E-05
  3      64.00100    0.02198      11.209      11.209       0.813       1.031
          (STRAIN)  -6.977E-05   1.542E-04   1.542E-04  -6.977E-05  -6.507E-05


TIME =  0.01
  3       0.00000    0.03236       0.000    6276.466     188.192    5625.846
          (STRAIN)   2.293E-05  -3.448E-05   2.979E-05  -3.448E-05   2.293E-05
  3      13.99900    0.03160      79.567      79.567     -182.123     -123.319
          (STRAIN)  -1.372E-04   1.681E-04   1.681E-04  -1.372E-04  -6.858E-05
  3      14.00100    0.03160      79.563      79.563       2.427      13.607
          (STRAIN)  -1.372E-04   3.361E-04   3.361E-04  -1.372E-04  -6.859E-05
  3      63.99900    0.02369      13.521      13.521     -34.698     -32.460
          (STRAIN)  -8.831E-05   7.701E-05   7.701E-05  -8.831E-05  -8.064E-05
  3      64.00100    0.02369      13.520      13.520       0.547       0.903
          (STRAIN)  -8.832E-05   1.912E-04   1.912E-04  -8.832E-05  -8.064E-05


TIME =  0.03
  3       0.00000    0.03585       0.000    4023.148     252.729    3282.993
          (STRAIN)   3.528E-05  -5.990E-05   5.853E-05  -5.990E-05   3.528E-05
  3      13.99900    0.03423      99.308      99.308     -247.058     -138.196
          (STRAIN)  -1.929E-04   2.112E-04   2.112E-04  -1.929E-04  -6.591E-05
  3      14.00100    0.03423      99.301      99.301       -0.685      20.016
          (STRAIN)  -1.929E-04   4.206E-04   4.206E-04  -1.929E-04  -6.591E-05
  3      63.99900    0.02466      14.889      14.889     -38.937     -36.002
          (STRAIN)  -9.918E-05   8.536E-05   8.536E-05  -9.918E-05  -8.912E-05
  3      64.00100    0.02466      14.888      14.888       0.427       0.894
```

Lanjutan Lampiran 10 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 3(A) *Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME = 0.1

3	0.00000	0.03815	0.000	1931.172	252.729	1590.795
	(STRAIN)	5.211E-05	-8.400E-05	8.674E-05	-8.400E-05	5.211E-05
3	13.99900	0.03636	111.487	111.487	-282.687	-114.296
	(STRAIN)	-2.346E-04	2.252E-04	2.252E-04	-2.346E-04	-3.818E-05
3	14.00100	0.03636	111.482	111.482	-2.153	29.864
	(STRAIN)	-2.347E-04	4.627E-04	4.627E-04	-2.347E-04	-3.819E-05
3	63.99900	0.02572	16.073	16.073	-41.788	-38.290
	(STRAIN)	-1.067E-04	9.168E-05	9.168E-05	-1.067E-04	-9.471E-05
3	64.00100	0.02571	16.073	16.073	0.550	1.106
	(STRAIN)	-1.067E-04	2.277E-04	2.278E-04	-1.067E-04	-9.471E-05

TIME = 0.3

3	0.00000	0.04004	0.000	1092.240	252.729	921.606
	(STRAIN)	7.711E-05	-1.111E-04	1.251E-04	-1.111E-04	7.711E-05
3	13.99900	0.03835	119.153	119.153	-280.737	-70.644
	(STRAIN)	-2.501E-04	2.164E-04	2.164E-04	-2.501E-04	-5.008E-06
3	14.00100	0.03835	119.149	119.149	1.004	40.950
	(STRAIN)	-2.501E-04	4.748E-04	4.748E-04	-2.501E-04	-5.017E-06
3	63.99900	0.02700	17.368	17.368	-44.252	-40.282
	(STRAIN)	-1.133E-04	9.793E-05	9.793E-05	-1.133E-04	-9.973E-05
3	64.00100	0.02700	17.367	17.367	0.858	1.489
	(STRAIN)	-1.133E-04	2.424E-04	2.424E-04	-1.133E-04	-9.973E-05

TIME = 1

3	0.00000	0.04195	0.000	674.679	252.729	582.904
	(STRAIN)	1.089E-04	-1.286E-04	1.749E-04	-1.286E-04	1.089E-04
3	13.99900	0.04046	127.988	127.988	-264.858	-24.902
	(STRAIN)	-2.551E-04	2.032E-04	2.032E-04	-2.551E-04	2.487E-05
3	14.00100	0.04046	127.986	127.986	7.138	52.762
	(STRAIN)	-2.551E-04	4.865E-04	4.865E-04	-2.551E-04	2.486E-05
3	63.99900	0.02836	18.822	18.822	-47.138	-42.627
	(STRAIN)	-1.211E-04	1.051E-04	1.051E-04	-1.211E-04	-1.056E-04
3	64.00100	0.02836	18.821	18.821	1.171	1.889
	(STRAIN)	-1.211E-04	2.592E-04	2.592E-04	-1.211E-04	-1.056E-04

TIME = 3

3	0.00000	0.04294	0.000	528.271	252.729	462.857
	(STRAIN)	1.255E-04	-1.199E-04	2.020E-04	-1.199E-04	1.255E-04
3	13.99900	0.04151	133.045	133.045	-256.468	-2.830
	(STRAIN)	-2.571E-04	1.973E-04	1.973E-04	-2.571E-04	3.878E-05
3	14.00100	0.04151	133.039	133.039	10.566	58.797
	(STRAIN)	-2.572E-04	4.944E-04	4.944E-04	-2.572E-04	3.880E-05
3	63.99900	0.02898	19.541	19.541	-48.688	-43.874
	(STRAIN)	-1.252E-04	1.087E-04	1.087E-04	-1.252E-04	-1.087E-04
3	64.00100	0.02898	19.540	19.540	1.293	2.059
	(STRAIN)	-1.252E-04	2.679E-04	2.679E-04	-1.252E-04	-1.087E-04

TIME = 10

3	0.00000	0.04311	0.000	506.133	252.729	444.690
	(STRAIN)	1.283E-04	-1.160E-04	2.065E-04	-1.160E-04	1.283E-04
3	13.99900	0.04168	133.922	133.922	-255.138	0.819
	(STRAIN)	-2.575E-04	1.964E-04	1.964E-04	-2.575E-04	4.109E-05
3	14.00100	0.04168	133.915	133.915	11.139	59.811
	(STRAIN)	-2.576E-04	4.958E-04	4.958E-04	-2.576E-04	4.110E-05
3	63.99900	0.02908	19.658	19.658	-48.950	-44.083
	(STRAIN)	-1.259E-04	1.093E-04	1.093E-04	-1.259E-04	-1.092E-04
3	64.00100	0.02908	19.657	19.657	1.311	2.086
	(STRAIN)	-1.259E-04	2.694E-04	2.694E-04	-1.259E-04	-1.092E-04

TIME = 30

3	0.00000	0.04311	0.000	506.071	252.729	444.640
	(STRAIN)	1.283E-04	-1.160E-04	2.065E-04	-1.160E-04	1.283E-04
3	13.99900	0.04168	133.924	133.924	-255.134	0.829
	(STRAIN)	-2.575E-04	1.964E-04	1.964E-04	-2.575E-04	4.109E-05
3	14.00100	0.04168	133.918	133.918	11.141	59.814
	(STRAIN)	-2.576E-04	4.958E-04	4.958E-04	-2.576E-04	4.111E-05
3	63.99900	0.02908	19.659	19.659	-48.951	-44.084
	(STRAIN)	-1.259E-04	1.093E-04	1.093E-04	-1.259E-04	-1.092E-04

Lanjutan Lampiran 10 Hasil Analsisis *KENLAYER* Perkerasan Alternatif 3(A) *Soil Cement* dengan Pendekatan Viskoelastik

TIME =	100					
3	0.00000	0.04311	0.000	506.071	252.729	444.640
	(STRAIN)	1.283E-04	-1.160E-04	2.065E-04	-1.160E-04	1.283E-04
3	13.99900	0.04168	133.924	133.924	-255.134	0.829
	(STRAIN)	-2.575E-04	1.964E-04	1.964E-04	-2.575E-04	4.109E-05
3	14.00100	0.04168	133.918	133.918	11.141	59.814
	(STRAIN)	-2.576E-04	4.958E-04	4.958E-04	-2.576E-04	4.111E-05
3	63.99900	0.02908	19.659	19.659	-48.951	-44.084
	(STRAIN)	-1.259E-04	1.093E-04	1.093E-04	-1.259E-04	-1.092E-04
3	64.00100	0.02908	19.658	19.658	1.311	2.086
	(STRAIN)	-1.259E-04	2.694E-04	2.694E-04	-1.259E-04	-1.092E-04