

TUGAS AKHIR

**EVALUASI PERANCANGAN STRUKTUR
PERKERASAAN DENGAN METODE BINA MARGA
2017 DAN PROGRAM *KENPAVE* MENGGUNAKAN
PENDEKATAN ELASTIK DAN VISKOELASTIK
Studi Kasus : Jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba
(*EVALUATION OF PAVEMENT STRUCTURAL
DESIGN BY USING 2017 BINA MARGA METHOD AND
KENPAVE SOFTWARE WITH APPROACHES ELASTIC
AND VISCOELASTIC
Case study of Simpang Pundu-Tumbang Samba*)**

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil



Radityo Aji Pambudi

(14511410)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2021**

TUGAS AKHIR

**EVALUASI PERANCANGAN STRUKTUR
PERKERASAAN DENGAN METODE BINA MARGA
2017 DAN PROGRAM *KENPAVE* MENGGUNAKAN
PENDEKATAN ELASTIK DAN VISKOELASTIK
Studi Kasus : Jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba
(*EVALUATION OF PAVEMENT STRUCTURAL
DESIGN BY USING 2017 BINA MARGA METHOD AND
KENPAVE SOFTWARE WITH APPROACHES ELASTIC
AND VISCOELASTIC*
Case study of Simpang Pundu-Tumbang Samba)**

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil



Pembimbing

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

Penguji I

Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng.
NIK: 015110101

Penguji II

Corry Ya'cub., Ir., M.T.
NIK: 815110102

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. Sri Amie Yuniastuti, M.T.
NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 19 Oktober 2021
Yang membuat pernyataan,



Radityo Aji Pambudi
14511410

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirrabil'alamin puji syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subahanahu Wa Ta'alla* melimpahkan segala rahmat, dan taufik hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi pada Program Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Miftahul Fauziah, ST., MT., Ph.D sebagai Dosen Pembimbing,
2. Bapak Berlian Kushari, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji I,
3. Bapak Ir. Corry Ya'cub, M.T. selaku Dosen Penguji II,
4. Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
5. Orang tua beserta keluarga, Dwi, Cintria, Fariz, Kun, Prakas, Rahmad yang senantiasa memberikan dorongan untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
6. Pihak-pihak yang terkait yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 22 Oktober 2021
Penulis,



Radityo Aji Pambudi
14511410

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR NOTASI	xii
ABSTRAK	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga 2017	4
2.2. Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Program <i>KENPAVE</i>	5
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1. Desain Tebal Perkerasaan dengan Metode Bina Marga 2017	10
3.1.1. Umur Rencana	10
3.1.2. Lalu Lintas	11
3.1.3. Struktur Perkerasaan	12
3.1.4. Faktor Lajur	14
3.1.5. Faktor Ekuivalen Beban	15
3.1.6. Beban Lalu Lintas	18
3.2. Metode Mekanistik – Empiris	18

3.2.1. Permodelan Lapis Perkerasan	20
3.3. Program <i>KENPAVE</i>	24
3.3.1. Data Path	25
3.3.2. File Name	25
3.3.3. Help	25
3.3.4. Editor	25
3.3.5. LAYERINP atau SLABSINP	26
3.3.6. KENLAYER atau KENSLABS	26
3.3.7. LGRAPH atau SGRAPH	26
3.3.8. Countur	26
3.4. Program <i>KENLAYER</i>	27
3.4.1. File	27
3.4.2. General	27
3.4.3. Zcoord	29
3.4.4. Layer	30
3.4.5. Interface	30
3.4.6. Modul	31
3.4.7. Load	32
3.5. Analisis Kerusakan Perkerasan	33
3.5.1. Fatigue cracking	33
3.5.2. <i>Rutting</i>	34
3.5.3. <i>Permanent Deformation</i>	34
3.6. Nilai Sisa Umur Layan	34
3.7. Karakteristik Material	35
3.7.1. Elastic Layer	35
3.7.2. Viscoelastic Layer	35
BAB IV METODE PENELITIAN	37
4.1. Tahapan Penelitian	37
4.2. Pengumpulan Data	40
4.3. Analisis Data	41
4.4. Lokasi Studi Kasus	41

4.5. Prosedur Desain Perkerasan Jalan Lentur Bina Marga 2017	42
4.6. Prosedur Metode <i>KENPAVE</i>	42
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	44
5.1. Perhitungan Tebal Perkerasan Menggunakan Bina Marga 2017	44
5.1.1. Data Penelitian	44
5.1.2. Data Tebal Perkerasan Eksisting	44
5.1.3. Data CBR	44
5.1.4. Kondisi Ruas Jalan	44
5.1.5. Data Lalu Lintas	45
5.1.6. Perhitungan Beban Lalu Lintas	45
5.1.7. Penentuan Tebal Lapis Perkerasan Bina Marga 2017	50
5.2. Evaluasi Tebal Perkerasan Menggunakan <i>KENPAVE</i>	53
5.2.1. Evaluasi Tebal Perkerasan Menggunakan <i>KENPAVE</i> dengan Permodelan Elastik	54
5.2.2. Evaluasi Tebal Perkerasan Menggunakan <i>KENPAVE</i> Dengan Permodelan Viskoelastik	60
5.2.3. Umur Sisa Pelayanan Jalan Menggunakan Permodelan Elastik	67
5.2.4. Umur Sisa Layan Perkerasan Menggunakan Permodelan Viskoelastik	68
5.3. Pembahasan	70
5.3.1. Desain Perkerasaan Lentur Ruas Jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Nasional 2017	70
5.3.2. Tegangan dan Regangan yang Terjadi Dibantu dengan Program <i>KENPAVE</i> Menggunakan Pendekatan Elastik dan Viskoelastik	71
5.3.3. Perbandingan Umur Sisa Layan Perkerasan	73
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	75
6.1. Kesimpulan	75
6.2. Saran	76



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Penyebaran Beban Roda Melalui Lapisan Perkerasan Jalan.....	13
Gambar 3.2 Sistem Lapis Banyak.....	20
Gambar 3.3 Lokasi Analisis Struktur Perkerasan	23
Gambar 3.4 Lokasi Analisis Secara Horizontal	24
Gambar 3.5 Tampilan Awal Program KENPAVE	24
Gambar 3.6 Main Menu of Layerinp	26
Gambar 3.7 Tampilan Layar General.....	28
Gambar 3.8 Jendela Menu Zcoord	29
Gambar 3.9 Tampilan Jendela Layer	30
Gambar 3.10 Tampilan Jendela Interface	31
Gambar 3.11 Tampilan Jendela Moduli.....	32
Gambar 3.12 Tampilan Jendela Load	33
Gambar 4.1 Prosedur Desain dengan Metode Bina Marga 2017.....	37
Gambar 4.2 Prosedur Desain dengan Program KENPAVE.....	38
Gambar 4.3 Bagan Alir Penelitian	40
Gambar 4.4 Peta Lokasi Kabupaten Katingan	42
Gambar 5.1 Tebal Perkerasan Lentur.....	53
Gambar 5.2 Letak Titik Tinjauan Kerusakan.....	56
Gambar 5.3 Plan View of Multiple Wheels.....	58
Gambar 5.4 Letak Titik Tinjauan Berdasarkan Jenis Roda	59
Gambar 5.5 Umur Sisa Perkerasaan Eksisting Permodelan Elastik	68
Gambar 5.6 Umur Sisa Perkerasaan Eksisting Permodelan Viskoelastik	69
Gambar 5.7 Tegangan-regangan Maksimum Pada Struktur Perkerasan	71
Gambar 5.8 Nilai Repitisi Beban Maksimum Pada Perkerasan.....	72
Gambar 5.9 Perbandingan Umur Sisa Pada Masing-masing Perkerasan.....	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Tentang Desain Menggunakan Metode Bina Marga 2017 Dan Metode <i>KENPAVE</i>	7
Tabel 3.1	Umur Rencana Perkerasaan Baru (UR)	11
Tabel 3.2	Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i)	12
Tabel 3.3	Pemilihan Jenis Perkerasaan	14
Tabel 3.4	Faktor Distribusi Lajur	15
Tabel 3.5	Nilai VDF Standar	16
Tabel 3.6	Nilai VDF Masing – Masing Jenis Kendaraan Niaga	17
Tabel 3.7	Nilai Modulus Elastisitas Berdasarkan Jenis Beban Perkerasaan	21
Tabel 3.8	Nilai Poisson Ratio	21
Tabel 5.1	Tebal Lapis Perkerasaan Eksisting	44
Tabel 5.2	Kondisi Ruas Jalan Simpang Pundu - Tumbang Samba	45
Tabel 5.3	Data Lalu-lintas Harian Rata-rata Ruas Jalan Simpang Pundu - Tumbang Samba	45
Tabel 5.4	Nilai VDF Masing-masing Jenis Kendaraan	46
Tabel 5.5	Perhitungan Nilai CESA 4	48
Tabel 5.6	Perhitungan Nilai CESA 5	49
Tabel 5.7	Pemilihan Jenis Perkerasaan Bedasarkan Nilai Pembebanan	51
Tabel 5.8	Desain Perkerasaan Lentur Opsi Biaya Minimum Dengan CTB	52
Tabel 5.9	Rekapitulasi Tebal Perkerasaan	54
Tabel 5.10	Rekap Parameter Tiap Lapis Perkerasaan	54
Tabel 5.11	Data Masukan Pada Menu General	55
Tabel 5.12	Data masukan Pada Menu Layer	57
Tabel 5.13	Data Masukan Pada Menu Moduli	57
Tabel 5.14	Data Masukan Pada Menu Load	57
Tabel 5.15	Hasil Analisis dengan Permodelan Elastik	59
Tabel 5.16	Parameter Tiap Lapisan Perkerasaan	61
Tabel 5.17	Data Masukan Pada Menu General	61
Tabel 5.19	Data Masukan Pada Menu Layer	62

Tabel 5.20 Data Masukan Pada Menu Moduli	63
Tabel 5.21 Data Masukan Pada Menu Load	63
Tabel 5.22 Time of Duration for Creep Compliances	64
Tabel 5.23 Nilai Creep Compliances	65
Tabel 5.24 Hasil Analisis dengan Permodelan Viskoelasik	66
Tabel 5.25 Rekapitulasi Nilai Umur Sisa Layan	73



DAFTAR NOTASI

<i>AASHTO</i>	= <i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
<i>AC-WC</i>	= <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (Lapis permukaan)
<i>AC-BC</i>	= <i>Asphalt Concrete-Binder Course</i> (Lapis pondasi)
cm	= centimeter
m	= meter
kg	= kilogram
<i>CTB</i>	= <i>Cement Treated Base</i>
<i>ESAL</i>	= <i>Equivalent Standard Axle Load</i> (Ekuivalen Standar) Sumbu Tunggal
<i>CBR</i>	= <i>California Bearing Ratio</i>
R	= Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas
i	= Tingkat pertumbuhan tahunan (%)
UR	= Umur Rencana (tahun)
<i>CESAL</i>	= <i>Cumulative Equivalent Single Axle Load</i>
LHRT	= Lalu lintas Harian Rata-rata Tahunan
<i>ESA</i>	= <i>Equivalent Standard Axle</i>
<i>VDF</i>	= <i>Vehicle Damage Factor</i>
E	= Modulus Elastisitas (kPa)
μ	= Angka <i>Poisson's Ratio</i>
τ	= Tegangan geser
σ	= Tegangan normal
P	= Beban terpusat roda
kPa	= kilo Pascal
Psi	= <i>Pound Per square inch</i> (pon per inci persegi)

ABSTRAK

Perkerasan jalan berfungsi sebagai penyalur beban dari roda kendaraan ke permukaan tanah dasar. Adanya beban yang terjadi pada permukaan perkerasan seiring berjalannya waktu menimbulkan beberapa kerusakan. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka perlu adanya pemeriksaan secara berkala atau evaluasi perkerasan. Adanya evaluasi tebal perkerasan dapat dijadikan rujukan untuk mendapatkan nilai tebal lapis perkerasan seminimum mungkin dengan hasil desain ulang menggunakan metode Bina Marga 2017 serta di evaluasi dengan program *KENPAVE*.

Penelitian ini dilakukan pada jalan nasional di ruas jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba. Metode penelitian ini menggunakan data tebal perkerasan eksisting dan hasil desain ulang menggunakan metode Bina Marga 2017 selanjutnya dievaluasi menggunakan program *KENPAVE* dengan pendekatan elastik dan viskoelastik untuk mengetahui nilai tegangan-regangan yang terjadi akibat beban lalu lintas dan memprediksi kerusakan yang terjadi. Kemudian memprediksi umur sisa layan yang tersedia pada masing-masing pendekatan.

Hasil penelitian diperoleh respon tegangan - regangan maksimum dari tebal perkerasan eksisting dan desain ulang menggunakan metode Bina Marga 2017 serta pada alternatif 1, alternatif 2 dan alternatif 3. Desain ulang perkerasan alternatif 1 memiliki respon tegangan regangan maksimum yaitu nilai regangan pada kerusakan *fatigue* dengan pendekatan elastik sebesar 0,000158 Kpa, sedangkan pada pendekatan viskoelastik sebesar 0,000159 Kpa. Regangan untuk kerusakan *rutting* dengan pendekatan elastik sebesar 0,000237 Kpa sedangkan pada pendekatan viskoelastik sebesar 0,000238 Kpa. Pada kerusakan *permanent deformation* dengan pendekatan elastik sebesar 0,000246 Kpa, sedangkan pada pendekatan viskoelastik sebesar 0,000248 Kpa.

Sehingga pada desain ulang perkerasan Alternatif 1 memiliki umur layan ≥ 20 tahun dengan tebal permukaan 17,5 cm, tebal lapis pondasi atas sebesar 15 cm dan tebal lapis pondasi bawah sebesar 13 cm.

Kata kunci : Bina Marga 2017, *KENPAVE*, mekanistik empirik, *elastic* dan *viscoelastic*.

ABSTRACT

Road pavement serves as a load channel from the vehicle's wheels to the ground floor. The presence of a load that occurs on the surface of the pavement over time causes some damage. To anticipate this, there needs to be periodic inspection or evaluation of pavement. The existence of a thick evaluation of pavement can be used as a reference to get a thick value of the pavement layer as small as possible with the results of the redesign using the Bina Marga 2017 method and evaluated with the KENPAVE program.

This research was conducted on the national road on the Simpang Pundu – Tumbang Samba road. This research method uses thick data of existing pavement and redesign results using the Bina Marga 2017 method and evaluated using the KENPAVE program with an elastic and viscoelastic approach to find out the value of tensions that occur due to traffic loads and predict the damage that occurs. It then predicts the remaining lifespan of the available services on each approach.

The results of the study obtained a maximum stress response from the existing pavement thickness and redesign using the Bina Marga 2017 method as well as in alternative 1, alternative 2 and alternative 3. Redesign of alternative 1 pavement has a maximum strain voltage response i.e. strain value on fatigue damage with elastic approach of 0.000158 Kpa, while in viscoelastic approach of 0.000159 Kpa. Strain for rutting damage with elastic approach of 0.000237 Kpa while viscoelastic approach of 0.000238 Kpa. In permanent deformation damage with elastic approach of 0.000246 Kpa, while in viscoelastic approach of 0.000248 Kpa.

So that in the redesign of alternative 1 pavement has a service life of ≥ 20 years with a surface thickness of 17.5 cm, thick top foundation layer of 15 cm and thick bottom foundation layer of 13 cm.

Keyword: *Bina Marga 2017, KENPAVE, mechanistic empiric, elastic, viscoelastic*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan raya sebagai sarana yang sangat berpotensi untuk akses transportasi jasa dan barang keseluruh wilayah. Jalan raya yang juga merupakan sarana bagi manusia untuk berinteraksi yang telah dikenal sejak zaman dahulu. Setiap tahun laju pertumbuhan ekonomi dituntut agar semakin meningkat. Untuk itu guna mendukung hal tersebut dibutuhkan Infrastruktur yang semakin baik untuk kedepannya. Dengan adanya sarana jalan raya dapat dengan mudah dalam melakukan berbagai macam kegiatan. Sebuah daerah yang ditunjang dengan insfrastruktur jalan yang baik maka aliran perekonomian suatu daerah ikut meningkat dan dengan meningkatnya perekonomian tiap-tiap daerah maka suatu negara menjadi ikut berkembang.

Perkerasaan jalan pada umumnya terdiri dari perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Dalam pemilihan jenis perkerasan perlu diperhatikan tentang kondisi alam lokasi proyek, biaya pemeliharaan dan kemudahan dalam mendapatkan material. Pada perancangan tebal perkerasan ruas jalan di setiap negara mempunyai jenis metode yang memiliki banyak variasi. Misalkan Inggris (*Road Note*), Amerika *AASHTO* (*American Association of State Highway And Transportation Officials, 1993*) dan *AI* (*The Asphalt Institute, 1983*), Indonesia (Bina Marga, 2017). Metode tersebut merupakan acuan dalam merencanakan tebal lapis perkerasan.

Ruas jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba memiliki status jalan arteri. Secara umum kondisi permukaan jalan dapat dikatakan baik. Namun juga di beberapa titik terdapat jalan dengan kondisi bergelombang dan terdapat beberapa lubang. Mengingat jalan tersebut adalah jalan penghubung utama antar kabupaten dengan arus lalu lintas sedang dan beban lalu lintas yang besar, harus didukung dengan kondisi perkerasan yang baik. Namun pada kenyataannya masih banyak dijumpai kerusakan pada permukaan ruas jalan Simpang Pundu – Tumbang

Samba yang dapat mengganggu keamanan dan kenyamanan pengguna jalan sehingga diperlukan evaluasi terhadap kondisi jalan secara berkala untuk menentukan jenis perawatan dan pemeliharaan jalan yang tepat.

Berdasarkan uraian masalah diatas maka dalam penelitian ini dilakukan evaluasi tebal lapis perkerasan lentur pada ruas jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba dengan menggunakan mekanistik – empirik. Metode mekanistik menggunakan Bina marga 2017 dan metode mekanistik – empirik menggunakan program *KENPAVE*.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang menjadi dasar penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana tegangan dan regangan yang terjadi pada struktur eksisting dan struktur perkerasan alternatif menggunakan program *KENPAVE* dengan permodelan Elastik dan Viskoelastik?
2. Berapa sisa umur layan perkerasan eksisting dan struktur perkerasan alternatif menggunakan *KENPAVE*?
3. Berapa tebal minimum struktur lapis perkerasan yang mampu memenuhi umur rencana?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui tegangan dan regangan pada eksisting dan struktur perkerasan alternatif dengan menggunakan program *KENPAVE* menggunakan permodelan Elastik dan Viskoelastik.
2. Mengetahui nilai sisa umur layan perkerasan eksisting dan struktur perkerasan alternatif Bina Marga menggunakan *KENPAVE*
3. Mendapatkan tebal minimum lapis perkerasan pada umur rencana.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Dapat menjadi bahan referensi sebagai bahan pertimbangan tebal lapis perkerasan bagi pengambil kebijakan yang dalam hal ini adalah Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Kalimantan Tengah.
2. Mahasiswa jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan.

1.5. Batasan Masalah

Agar permasalahan pada penelitian ini tidak melebar dan menjadi fokus pada permasalahan yang diharapkan maka perlu adanya batasan masalah yang telah dirumuskan sebagai berikut.

1. Lokasi penelitian pada ruas jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba.
2. Analisa tebal perkerasan dengan menggunakan metode Bina Marga 2017 berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan nomor 04/SE/Db/2017.
3. Data yang digunakan dalam analisis menggunakan data yang diperoleh dari Perencanaan Pengawas Jalan Nasional Provinsi Kalimantan Tengah.
4. Perhitungan respon tegangan dan regangan menggunakan program *KENPAVE*.
5. Parameter yang telah di sediakan menurut ketentuan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga 2017

Desain perkerasan pada umumnya adalah cara menentukan tebal lapis perkerasan yang nantinya dapat memberikan kekuatan serta sebagai perlindungan tanah dasar akibat beban yang terjadi di atasnya. Seriring bertambahnya volume lalu lintas pada tiap taunnya maka untuk menjaga agar struktur lapis perkerasan dapat bekerja dengan baik maka diperlukan evaluasi tebal perkerasan. Berikut beberapa evaluasi yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti seperti Purnaningrum dan Kushari (2018) dalam penelitiannya adalah perbandingan desain tebal lapis tambah dengan metode bina marga 2017 dan *AASHTO* 1993 menggunakan data lendutan. Tujuan dari penelitian ini untuk membandingkan desain tebal overlay dengan metode Bina Marga 2017 dan metode *AASHTO* 1993 yang dengan mengamati perbandingan konsep, parameter, prosedur dan hasil desain. Hasil dari desain pada metode *AASHTO* 1993 cenderung lebih besar dibandingkan metode Bina Marga 2017. Metode Bina Marga 2017 menghasilkan tebal overlay sebesar 4 cm dengan *design traffic* sebesar 10.306.628,732, sedangkan metode *AASHTO* 1993 menghasilkan tebal *overlay* sebesar 6,5 cm dengan *design traffic* sebesar 12.966.750,64.

Adapun Widyastuti (2018) menganalisis mengenai perbandingan desain struktur perkerasan lentur menggunakan metode empiris dan metode mekanistik empiris pada ruas jalan Legundi-Kanigoro-Planjan. Dengan membandingkan kondisi perkerasan dan beban lalu lintas didapatkan respon tegangan dengan regangan maksimum penyebab terjadinya *permanent deformation* terjadi di titik kritis pada permukaan tanah dasar (*subgrade*), sehingga dilakukan perhitungan beban gandar 8.000 kg dengan hasil sebesar 139.684.993 *Esal* dan dapat diperoleh umur perkerasan sebesar 28 tahun di mana angka tersebut melampaui angka umur rencana yang direncanakan pada Bina Marga 2017 yaitu 20 tahun. Hal ini

menyatakan bahwa perkerasan lentur yang dirancang dapat dengan baik mengakomodasi beban lalu lintas yang melewatinya berdasarkan data sekunder dan sesuai dengan umur rencana ditandai dengan jumlah repetisi yang melewati perkerasan kurang dari kontrol kerusakan yang telah diperkirakan oleh program *Kenlayer*.

2.2. Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Program *KENPAVE*

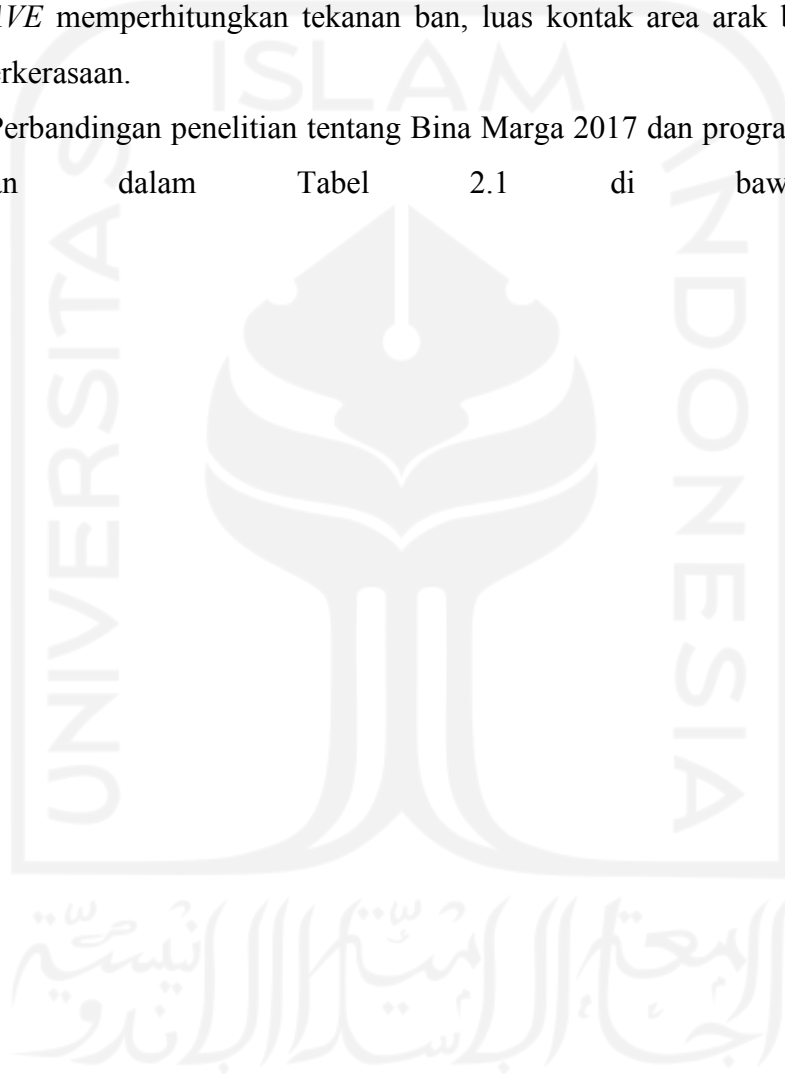
Evaluasi yang dilakukan menggunakan Program *KENPAVE* menghasilkan analisa nilai tegangan regangan dalam salah satu contoh penelitian yang dilakukan oleh Setiawan (2018) menepatkan nilai N_d sebesar $7,52 \times 10^5$ dan nilai N_f sebesar $5,77 \times 10^{12}$ hasil tersebut untuk metode desain menggunakan Bina Marga 1987 dan metode *AASHTO* 1993 didapatkan nilai N_d sebesar $2,12 \times 10^9$ dan nilai N_f sebesar $1,42 \times 10^{11}$. Nilai yang didapat menunjukkan bahwa tebal perkerasan yang dirancang dengan metode Bina Marga 1987 tidak mampu melayani beban lalu lintas yang direncanakan dan mengalami kerusakan jika tidak dilakukan upaya perawatan berkala. Sedangkan tebal perkerasan yang dirancang dengan menggunakan metode *AASHTO* 1993 mampu melayani lalu lintas yang telah direncanakan.

Fadhlan (2013) melakukan penelitian tentang evaluasi perencanaan tebal perkerasan metode Bina Marga Pt T-01-2002-B dengan menggunakan program *KENPAVE*. Penelitian ini menggunakan variasi pada beban lalu lintas rencana dan variasi CBR tanah dasar. Dari hasil evaluasi didapat bahwa jumlah repetisi beban yang dihasilkan tebal perkerasan yang direncanakan dengan metode empiris Bina Marga sangat dipengaruhi oleh ketebalan setiap lapisan perkerasan, semakin tebal lapisan perkerasan semakin besar jumlah repetisi beban, karena pada metode mekanistik program *KENPAVE* tebal perkerasan sangat mempengaruhi jumlah repetisi beban.

Berbeda dengan Fauziah dan Ramadhani (2018) yang melakukan penelitian dengan empat alternatif perencanaan. Alternatif awal untuk perencanaan tebal perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2013 hingga dari keempat alternatif tebal perkerasan yang telah dikontrol menggunakan program *KENPAVE* didapatkan tebal minimum yang aman dan dapat menahan beban

sampai umur rencana 20 tahun dengan tebal perkerasaan lapis permukaan sebesar 20 cm, *base* sebesar 8 cm dan *subbase* sebesar 10 cm. Prediksi kerusakan yang terjadi adalah *rutting*, *fatigue cracking* serta *permanent deformation*. Perbedaan dari kedua metode tersebut berdasarkan konsep adalah metode Bina Marga hanya mengikuti panduan dari MDJP No. 02/M/BM/2013 sedangkan program *KENPAVE* memperhitungkan tekanan ban, luas kontak area arak ban dan tebal lapis perkerasaan.

Perbandingan penelitian tentang Bina Marga 2017 dan program *KENPAVE* disajikan dalam Tabel 2.1 di bawah ini.



Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Tentang Desain Menggunakan Metode Bina Marga 2017 Dan Metode *KENPAVE*

Peneliti	Purnaningrum (2018)	Widyastuti (2018)	Setiawan (2018)	Fadhlan (2013)	Fauziah dan Ramadhani (2018)	Pambudi (2019)
Judul Penelitian	Perbandingan Desain Tebal Lapis Tambah Dengan Metode Bina Marga 2017 Dan <i>AASHTO</i> 1993 Menggunakan Data Lendutan	Analisis Perbandingan Desain Struktur Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Empiris Dan Metode Mekanistik Empiris Pada Ruas Jalan Legundi-Kanigoroplanjan	Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Program <i>KENPAVE</i> Di Jalan Maospati-Sukomoro	Tebal Perkerasan Metode Bina Marga Pt T-01-Evaluasi Perencanaan 2002-B Dengan Menggunakan Program <i>KENPAVE</i>	Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Bina Marga 2013 Dan Metode Mekanistik-Empirik Menggunakan Program <i>KENPAVE</i> Pada Ruas Jalan Jogja-Solo	Evaluasi Perancangan Tebal Perkerasaan Dengan Metode Bina Marga 2017 Dan Program <i>KENPAVE</i>
Tujuan Penelitian	Membedakan desain <i>Overlay</i> dengan metode Bina Marga 2017 dan <i>AASHTO</i> 1993, menggunakan	Membandingkan perbedaan konsep, parameter desain dan prosedur desain antara metode	Membandingkan serta mengevaluasi tebal perkerasan menggunakan program <i>KENPAVE</i> berdasarkan	Mengevaluasi tebal perkerasan yang direncanakan menggunakan metode Bina marga	Membandingkan konsep, parameter <i>input</i> , prosedur dan hasil tebal lapis dari metode Bina Marga dan	Membandingkan tebal perkerasan antara metode Bina Marga 2017 dan metode <i>KENPAVE</i>

Sumber : Fadhlan (2013), Widyastuti (2018), Setiawan (2018), Purwaningrum (2018), Fauziah dan Ramadhani (2018)

**Lanjutan Tabel 2.1. Perbandingan Penelitian Tentang Desain Menggunakan Metode Bina Marga 2017 Dan Metode
*KENPAVE***

Peneliti	Purnaningrum (2018)	Widyastuti (2018)	Setiawan (2018)	Fadhlan (2013)	Fauziah dan Ramadhani (2018)	Pambudi (2019)
	Data Lendutan <i>Falling Weight Deflectometer</i> (FWD)	Bina Marga 2017 dan metode Mekanistik-Empirik dengan menggunakan Program <i>KENPAVE</i>	metode Bina Marga 1987 dan metode AASHTO 1993		metode mekanistik – empirik dengan menggunakan program <i>KENPAVE</i>	
Lokasi Penelitian	Ruas Jalan Arteri Selatan – Yogyakarta KM 6.750-25.250	Ruas Jalan Legundi-Kanigoro-Planjan, Dusun Triwono, Kabupaten Gunung	Ruas Jalan Maospati-Sukomoro, Kabupaten		Ruas Jalan Jogja-Solo	Ruas Jalan Trans Kalimantan Tengah.
Metode Penelitian	Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993	Metode Empirirs dan Metode Mekanistik-Empiris	Metode Bina Marga 1987 dan Metode AASHTO 1993 menggunakan <i>KENPAVE</i>	Metode Bina Marga Pt T-01-2002-B dengan menggunakan <i>KENPAVE</i>	Metode Bina Marga 2013 dan Metode Mekanistik-Empirik menggunakan <i>KENPAVE</i>	Metode Bina Marga 2017 dan Metode <i>KENPAVE</i>

Sumber : Fadhlan (2013), Widyastuti (2018), Setiawan (2018), Purwaningrum (2018), Fauziah dan Ramadhani (2018)

**Lanjutan Tabel 2.1. Perbandingan Penelitian Tentang Desain Menggunakan Metode Bina Marga 2017 Dan Metode
*KENPAVE***

Peneliti	Purnaningrum (2018)	Widyastuti (2018)	Setiawan (2018)	Fadhlan (2013)	Fauziah dan Ramadhani (2018)	Pambudi (2019)
Hasil Penelitian	Metode Bina Marga 2017 menghasilkan tebal sebesar 4 cm, sedangkan metode <i>AASHTO</i> menghasilkan tebal yg lebih kecil yaitu sebesar 6,5 cm	Perhitungan beban gandar 8000 kg dengan hasil umur perkerasaan sebesar 28 tahun yang dimana melampaui angka umur rencana yang direncanakan menggunakan Bina Marga 2017 yaitu 20 tahun.	Metode Bina Marga 1987 menunjukan bahwa tebal perkerasaan tidak mampu melayani beban lalu lintas yang direncanakan, sedangkan sebaliknya metode <i>AASHTO</i> 1993 mampu melayani beban lalu lintas yang direncanakan	Metode Bina Marga 2017 menghasilkan tebal sebesar 4 cm, sedangkan metode <i>AASHTO</i> menghasilkan tebal yg lebih kecil yaitu sebesar 6,5 cm	Perhitungan beban gandar 8000 kg dengan hasil umur perkerasaan sebesar 28 tahun yang dimana melampaui angka umur rencana yang direncanakan menggunakan Bina Marga 2017 yaitu 20 tahun.	

Sumber : Fadhlan (2013), Widyastuti (2018), Setiawan (2018), Purwaningrum (2018), Fauziah dan Ramadhani (2018)

BAB 3

LANDASAN TEORI

3.1. Desain Tebal Perkerasaan dengan Metode Bina Marga 2017

Metode Bina Marga 2017 merupakan hasil revisi dari Manual desain yang dikeluarkan oleh Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga yaitu Manual Desain Perkerasaan 2013. Desain perkerasaan jalan menggunakan Manual Desain Perkerasaan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 ini melengkapi pedoman desain perkerasaan 2002 dan 2003 dengan penajaman pada penentuan umur rencana pelaksanaan konstruksi yang praktis, efisiensi penggunaan material, koreksi faktor iklim, analisis beban sumbu, pengaruh temperatur. Manual desain perkerasaan 2017 terdiri dari dua bagian yaitu bagian pertama struktur perkerasaan baru dan bagian kedua rehabilitasi perkerasaan.

Dalam perencanaan jalan diperlukan data dan tahapan untuk mencapai hasil yang maksimal serta secara teknis dan optimal secara ekonomis dalam hal ini dalam Manual Desain Perkerasaan 2017 prosedur tersebut meliputi

3.1.1. Umur Rencana

Umur rencana merupakan rentang waktu pelayanan sebuah perkerasaan jalan dihitung mulai dari jalan dibuka hingga jalan telah mencapai *overlay*. Umur perkerasaan jalan baru dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Umur Rencana Perkerasaan Baru (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasaan	Umur Rencana (tahun) ⁽¹⁾
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir ⁽²⁾ .	20
	Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan.	
	<i>Cement Treated Based (CTB)</i>	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2017)

3.1.2. Lalu lintas

Tebal lapisan perkerasan jalan ditentukan dari beban lalu lintas yang hendak memakai jalan tersebut. Beban dihitung dari volume lalu lintas pada tahun survei yang selanjutnya diproyeksikan ke depan sepanjang umur rencana. Untuk memperoleh beban arus lalu lintas dengan cara:

1. Data lalu lintas

Volume lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati satu titik selama satu satuan waktu. Volume lalu lintas untuk perencanaan tebal lapis perkerasan dinyatakan dalam kendaraan/hari/2 arah untuk jalan 2 arah tidak terpisah dan kendaraan/hari/1 arah untuk jalan satu arah atau 2 arah terpisah. Perkiraan volume lalu lintas ditentukan pada survei yang diperoleh secara manual mengacu pada Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas (Pd T-19-2004-B) atau menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama.

2. Faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i)

Jumlah kendaraan yang menggunakan fasilitas jalan semakin bertambah seiring bertambahnya waktu. Pertumbuhan lalu lintas tersebut disebabkan beberapa faktor pertumbuhan antara lain meningkatnya kesejahteraan masyarakat, meningkatnya kemampuan membeli kendaraan, adanya

perkembangan daerah. Berdasarkan faktor tersebut, apabila tidak tersedia data-data pertumbuhan series tersebut maka dapat menggunakan Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

Klasifikasi	Jawa	Sumatera	Kalimantan	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 Jendral Bina Marga (2017)

Dalam menentukan pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dapat menggunakan Persamaan 3.1 berikut.

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

Dengan

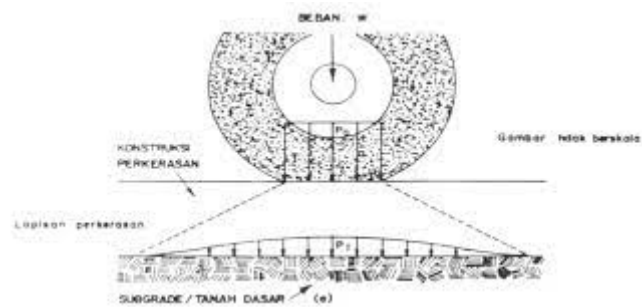
R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif,

I = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%), dan

UR = umur rencana (tahun).

3.1.3. Struktur Perkerasaan

Konstruksi perkerasaan lentur berada pada bagian atas tanah dasar yang telah dipadatkan yang terdiri dari lapisan-lapisan. Fungsi dari masing – masing lapisan tersebut untuk menerima beban lalu lintas kemudian menyebarkannya hingga ke lapisan paling bawah. Penyebaran beban dari bidang kontak kendaraan yang diterima oleh lapis perkerasaan bagian permukaan menjadi lebih kecil hingga lapisan dasar atau tanah dasar. Mekanisme penyebaran pembebanan pada struktur perkerasaan dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1. Penyebaran Beban Roda Melalui Lapisan Perkerasan Jalan
(Sumber: Sukirman, 1992)

Konstruksi perkerasan terdiri dari 4 bagian yaitu lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi atas (*base course*), lapis pondasi bawah (*subbase course*), lapis tanah dasar (*subgrade*). Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang berkerja, lapis pondasi atas mampu menerima gaya vertikal serta getaran, sedangkan lapis pondasi atas dianggap hanya menerima gaya vertikal dari beban di atasnya. Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 menyediakan pemilihan jenis perkerasan yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut

Tabel 3.3 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 – 10	>10 – 30	>30 – 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan $CBR \geq 2,5\%$)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC – WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasaan tanpa penutup (Japat, Jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2017)

3.1.4. Faktor Lajur

Lajur rencana adalah bagian lajur dari suatu ruas jalan yang menampung beban lalu lintas terbesar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif dari beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur niaga (DL) pada umumnya D_D diambil 0,5 untuk jalan dua arah. Pada beberapa kasus terdapat pengecualian di mana kendaraan berat cenderung menuju satu arah tertentu. Dari beberapa peneliti

menunjukkan bahwa D_D bervariasi antara 0,3 – 0,7 tergantung arah mana yang “berat”.

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (*ESA*) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Faktor distribusi lajur dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Faktor Distribusi Lajur

Jumlah lajur setiap arah	kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2017)

3.1.5. Faktor Ekuivalen Beban

Dalam desain perkerasan beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (*ESA*) menggunakan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damagae Factor*). Analisa struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif (*ESA*) pada jalur sepanjang umur rencana. Untuk mendapatkan perhitungan *ESA* yang akurat maka dilakukan survei beban gandar. Jika survei beban gandar tidak memungkinkan bagi perencana dan data survei beban gandar sebelumnya tidak tersedia maka nilai *VDF* dapat ditentukan pada Tabel 3.5 dan Tabel 3.6 untuk menghitung *ESA*.

Tabel 3.5 Nilai *VDF* Standar

Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku, dan Papua			
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal	
	<i>VDF4</i>	<i>VDF5</i>	<i>VDF4</i>	<i>VDF5</i>	<i>VDF4</i>	<i>VDF5</i>	<i>VDF4</i>	<i>VDF5</i>	<i>VDF4</i>	<i>VDF5</i>	<i>VDF4</i>	<i>VDF5</i>	<i>VDF4</i>	<i>VDF5</i>	<i>VDF4</i>	<i>VDF5</i>	<i>VDF4</i>	<i>VDF5</i>	<i>VDF4</i>	<i>VDF5</i>
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,50	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,20	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2017)

Tabel 3.6 Nilai *VDF* Masing – Masing Jenis Kendaraan Niaga

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi Sumbu	Muatan - muatan yang diangkut	Kelompok Sumbu	Distribusi Tipikal		Faktor ekivalen beban (<i>VDF</i>) (<i>ESAL</i> /kendaraan)	
Klasifikasi lama	Alternatif					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	<i>VDF</i> pangkat	<i>VDF</i> pangkat
1	1	Sepeda motor	1.1		2	30,4			
2,3,4	2,3,4	Sedan/angkot/pickup/station wagon	1.1		2	51,7	74,3		
5a	5a	Bus kecil	1.2		2	3,5	5,00	0,3	0,2
5b	5b	Bus besar	1.2		2	0,1	0,2	1,0	1,0
6a.1	6.1	Truk 2 sumbu - cargo ringan	1.1	Muatan umum	2			0,3	0,2
6a.2	6.2	Truk 2 sumbu - ringan	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2	4,6	6,60	0,8	0,8
6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu - cargo sedang	1.2	Muatan umum	2			0,7	0,7
6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu - sedang	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2	-	-	1,6	1,7
6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu - berat	1.2	Muatan umum	2			0,9	0,8
6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu - berat	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2	3,8	5,50	7,3	11,2

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2017)

3.1.6. Beban Lalu Lintas

Volume lalu lintas yang melewati ruas jalan memiliki beban yang dilimpahkan ke lapis permukaan jalan melalui luasan kontak ban pada kendaraan secara berulang-ulang selama umur layan jalan. Beban yang diperlukan untuk desain perkerasan jalan dibuat sebagai nilai kumulatif berdasarkan nilai faktor ekuivalen beban menggunakan Persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$ESA = (\Sigma LHR \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (3.2)$$

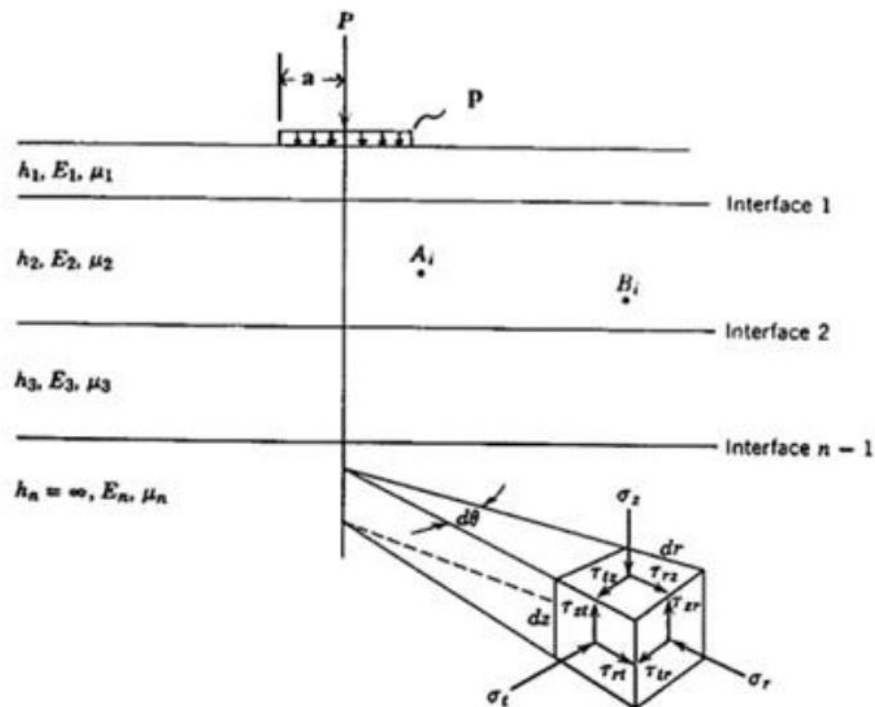
3.2. Metode Mekanistik – Empiris

Metode ini merupakan metode pada prinsip perencanaan perkerasan jalan yang dikembangkan dari kombinasi metode mekanistik dan empiris. Masing masing metode yang telah dijelaskan di atas memiliki kelemahan dalam penggunaannya dalam desain perkerasan. Pada awalnya metode yang digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan adalah metode mekanistik yang mengacu pada hasil *full scale test*. Kemudian dikembangkan dengan metode analitik – mekanisme dengan mengacu kepada kaidah teoritis dari karakteristik material perkerasan yang dilengkapi dengan perhitungan daripada respon struktur perkerasan terhadap beban sumbu kendaraan. Kedua metode tersebut memiliki kelemahan dalam penggunaannya dalam desain perkerasan. Dalam kemajuan ilmu teknologi maka untuk mempersingkat serta dapat terkontrol dalam pekerjaan perhitungan tebal perkerasan dibuatlah metode mekanistik-empirik.

Metode desain mekanistik – empiris didasarkan pada mekanika bahan yang berhubungan dengan data yang diperlukan seperti beban roda, respon perkerasan seperti tegangan dan regangan. Nilai respon digunakan untuk memprediksi tekanan tes laboratorium dan kinerja lapangan. Sangat perlu dilakukan pengamatan pada kinerja perkerasan karena teori saja belum terbukti cukup untuk desain perkerasan secara realistis (Huang, 2014). *Multilayer Elastic System* (Sistem Multilapis Elastis) merupakan salah satu penyelesaian secara analisis pada metode mekanistik. Pada sistem struktur lapisan banyak berkenaan dengan tegangan, regangan dan lendutan yang merupakan respon dari perkerasan terhadap beban roda kendaraan yang melintas di atasnya. Dalam *multi-layered elastic*

system, menggunakan beberapa asumsi dalam menghitung respon struktur seperti yang disebutkan di atas, antara lain sebagai berikut (Yoder dan Witzak, 1975).

1. Pada struktur perkerasan, setiap lapisan memiliki ketebalan tertentu, kecuali tanah dasar yang tebalnya dianggap tak terhingga. Sedangkan, lebar setiap lapisan perkerasan juga dianggap tak terbatas.
2. Sifat-sifat bahan dari setiap lapisan perkerasan dianggap homogen.
3. Sifat-sifat bahan dari setiap lapisan perkerasan adalah isotropik, yakni sifat bahan di setiap titik tertentu dalam setiap arah.
4. Lapisan linear elastis, linear maksudnya hubungan antara regangan dan tegangan dianggap linear, dan elastis maksudnya apabila tegangan yang diberikan kemudian dihilangkan, regangan dapat kembali ke bentuknya semula.
5. Sifat-sifat bahan diwakili oleh dua parameter struktural, yaitu modulus *resilient* (E atau MR) dan konstanta *Poisson* (μ),
6. Friksi antara lapisan perkerasan baik atau tidak terjadi slip.
7. Beban roda kendaraan dianggap memberikan gaya vertikal yang seragam terhadap perkerasan dengan bidang bentuk lingkaran.



Gambar 3.2 Sistem Lapis Banyak

(Sumber: Yoder dan Witczak, 1975)

3.2.1. Permodelan lapis perkerasan

1. Parameter setiap lapis

a. Modulus elastis

Bahan elastis merupakan bahan dapat kembali ke bentuknya seperti semula setelah diregangkan atau ditekan. Modulus elastisitas adalah perbandingan antara tegangan dan regangan suatu benda. Modulus elastisitas biasa disebut juga Modulus Young dan dilambangkan dengan E. Untuk mengetahui nilai modulus elastisitas dapat menggunakan Persamaan 3.3 sebagai berikut.

$$E = \frac{\tau}{\varepsilon} \quad (3.3)$$

dengan :

E = Modulus elastisitas (kPa atau Psi)

τ = Tegangan (kPa), dan

ε = Regangan

Modulus elastisitas untuk suatu benda mempunyai batas regangan dan tegangan elastisitasnya. Batas elastisitasnya suatu bahan sama dengan kekuatan bahan tersebut menanggung tegangan atau regangan, melainkan suatu ukuran dari seberapa baik suatu bahan kembali ke ukuran dan bentuk aslinya. Untuk itu nilai modulus elastisitas beberapa jenis bahan perkerasan dapat dilihat pada Tabel 3.7 Sebagai berikut.

Tabel 3.7 Nilai Modulus Elastisitas Berdasarkan Jenis Beban Perkerasan

Material	Modulus Elastisitas	
	Psi	Kpa
<i>Cement Treated Granular Base</i>	$1 \times 10^6 - 2 \times 10^6$	$7 \times 10^6 - 14 \times 10^6$
Campuran agregat semen	$5 \times 10^5 - 1 \times 10^6$	$35 \times 10^5 - 7 \times 10^6$
<i>Asphalt Treated Base</i>	$7 \times 10^4 - 45 \times 10^4$	$49 \times 10^4 - 3 \times 10^6$
Aspal beton	$2 \times 10^4 - 2 \times 10^6$	$14 \times 10^4 - 14 \times 10^6$
Campuran distabilisasi bitumen	$4 \times 10^4 - 3 \times 10^5$	$28 \times 10^4 - 21 \times 10^5$
Campuran distabilisasi kapur	$2 \times 10^4 - 7 \times 10^4$	$14 \times 10^4 - 49 \times 10^4$
Material berbutir tidak terikat	$15 \times 10^3 - 45 \times 10^3$	$105 \times 10^3 - 315 \times 10^3$
Berbutir halus/Material tanah dasar	$3 \times 10^3 - 4 \times 10^4$	$21 \times 10^3 - 28 \times 10^4$

Sumber : Huang (2004)

b. Poisson's Ratio

Salah satu parameter penting yang digunakan dalam analisa elastis dari sistem perkerasan jalan adalah *poisson's ratio* yang merupakan angka perbandingan antara regangan horizontal (*lateral strain*) dan regangan vertikal (*axial strain*) yang disebabkan oleh beban sumbu sejajar dan regangan aksial. Nilai *poisson ratio* disajikan pada Tabel 3.8 sebagai berikut.

Tabel 3.8 Nilai Poisson Ratio

Material	Nilai ν	ν tipikal
<i>Hot mix asphalt</i>	0,30 – 0,40	0,35
<i>Portland cement concrete</i>	0,15 – 0,20	0,15
<i>Untreated granular material</i>	0,30 – 0,40	0,35
<i>Cement-treated fine-granular material</i>	0,10 – 0,20	0,15

Lanjutan Tabel 3.8 Nilai *Poisson Ratio*

Material	Nilai ν	ν tipikal
<i>Cement-treated fine-grained material</i>	0,15 – 0,35	0,25
<i>Lime-stabilized material</i>	0,10 – 0,25	0,20
<i>Lime-flyash material</i>	0,10 – 0,15	0,15
<i>Loose sand/silty sand</i>	0,20 – 0,40	0,30
<i>Dense sand</i>	0,30 – 0,45	0,35
<i>Fine-grained soil</i>	0,30 – 0,50	0,40
<i>Saturated soft clay</i>	0,40 – 0,40	0,45

Sumber : Huang (2004)

2. Ketebalan setiap lapis perkerasan

Ketebalan setiap lapis perkerasan diperlukan dalam teori elastis lapis banyak sebagai *input* dalam penyelesaian menggunakan program. Ketebalan setiap lapis dalam satuan mm atau *inch*.

3. Kondisi Beban

Data ini terdiri dari data beban roda, P (kN/Lbs), tekanan ban, l (kPa/Psi) dan khusus untuk sumbu roda belakang, jarak antara roda ganda, d (mm/*inch*). Nilai q dan d pada prinsipnya dapat ditentukan sesuai dengan data spesifikasi teknis kendaraan yang digunakan. Adapun nilai P dipengaruhi oleh barang yang diangkut oleh kendaraan sehingga pada sumbu roda belakang dan sumbu roda depan berbeda. Analisa struktural perkerasan yang dilakukan pada langkah selanjutnya juga memerlukan jari-jari bidang kontak, a (mm/*inch*) antara roda bus dan permukaan perkerasan yang dianggap berbentuk lingkaran. Radius kontak dapat dihitung dengan Persamaan 3.4 sebagai berikut.

$$a = \sqrt{\frac{p}{\pi \times q}} \quad (3.4)$$

dimana:

- a = Jari-jari bidang kontak (mm),
- p = Beban kendaraan (kN/lbs), dan
- q = Tekanan ban (kPa/Psi).

Output nilai yang dihasilkan pada pemodelan lapis perkerasan dengan sistem lapis banyak yang adalah sebagai berikut.

a. Tegangan

Tegangan yaitu berupa intensitas internal di dalam struktur perkerasan pada berbagai titik dengan satuan (N/mm^2 , Pa, atau Psi).

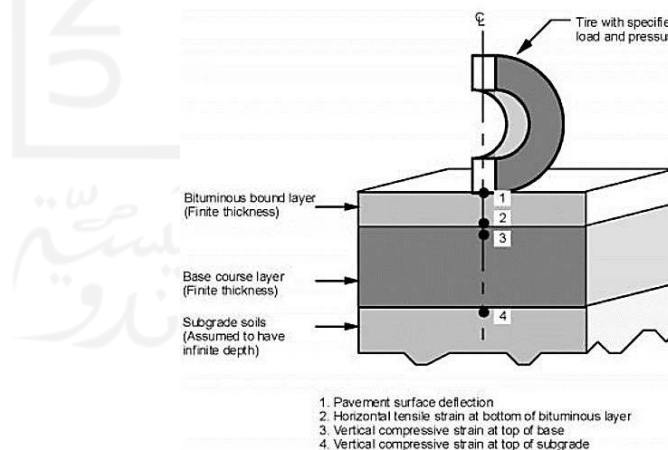
b. Regangan

Regangan menyatakan sebagai rasio perubahan bentuk dari bentuk asli (mm/mm atau *inch/inch*), karena regangan di dalam perkerasan nilainya sangat kecil maka dinyatakan dalam *microstrain* (10^{-6}).

c. Defleksi atau Lendutan

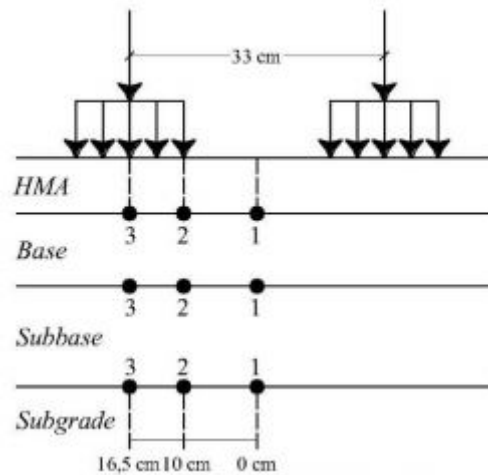
Defleksi atau lendutan adalah perubahan linier dalam suatu bentuk dinyatakan dalam satuan panjang (*inch* atau mm).

Dengan menggunakan program *KENPAVE* perhitungan tegangan, regangan, dan lendutan di berbagai titik pada struktur perkerasan menjadi lebih mudah. Namun, ada beberapa titik atau lokasi penting yang biasa digunakan dalam analisa perkerasan pada potongan melintang jalan dan pada potongan memanjang jalan. Contohnya pada gambar 3.3 dan 3.4 berikut.



Gambar 3.3 Lokasi Analisis Struktur Perkerasan

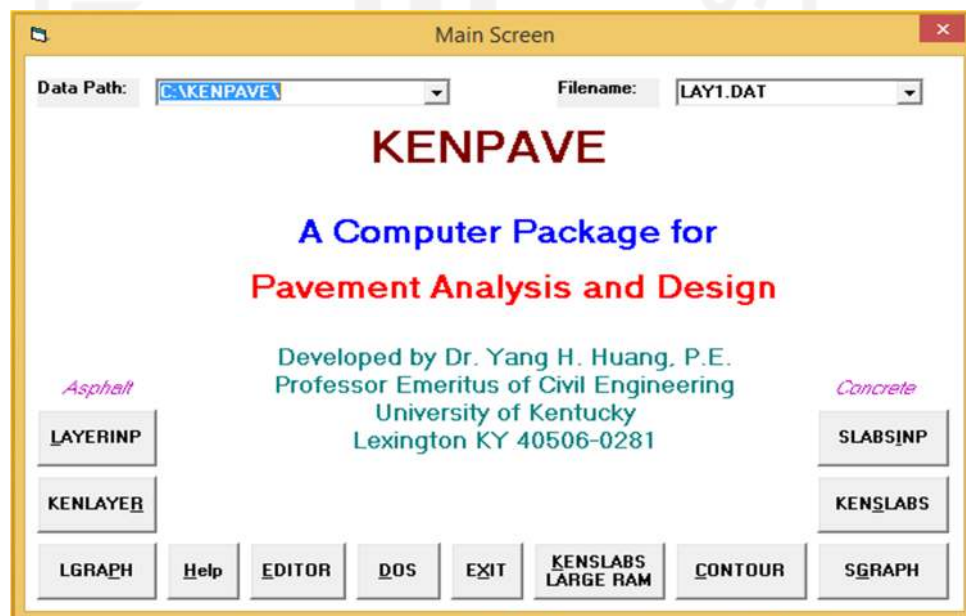
(Sumber: NCHRP, 2004)



Gambar 3.4 Lokasi Analisis Secara Horizontal

3.3. Program *KENPAVE*

KENPAVE merupakan hasil pengembangan oleh Yang H. Huang. Program hanya bisa dijalankan dengan versi *Windows 95* atau versi *Windows* di atasnya. Dasar bahasa pemrograman software ini menggunakan *VisualBasic*. Tampilan utama dari program *KENPAVE* ditunjukkan pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5 Tampilan Awal Program *KENPAVE*

KENPAVE terbagi atas dua bagian untuk menganalisis perkerasan yaitu perkerasan letur yang berdasarkan pada teori sistem lapisan, sedangkan bagain perkerasan kaku yang berdasarkan metode elemen tak hingga. Untuk penggunaannya terdapat 4 (empat) pilihan menu utama untuk menganalisis perkerasan yaitu *LAYERINP*, *KENLAYER SLABSINP* dan *KENSLABS*. Masing-masing menu memiliki fungsi sesuai jenis perkerasan seperti, *LAYERINP* dan *KENLAYER* digunakan untuk perkerasan lentur, *SLABSINP* dan *KENSLAB* digunakan untuk perkerasan kaku.berikut penjelasan untuk masing masing menu yang digunakan pada program *KENPAVE*

3.3.1. Data Path

Merupakan keterangan tempat penyimpanan data, secara default berada pada lokasi penginstalan program *KENPAVE*.

3.3.2. File Name

Pada menu *File Name* tidak perlu diisi karena otomatis terisi dengan nama *Untitled.DAT* dan nanti dapat diubah dengan nama yang diinginkan.

3.3.3. Help

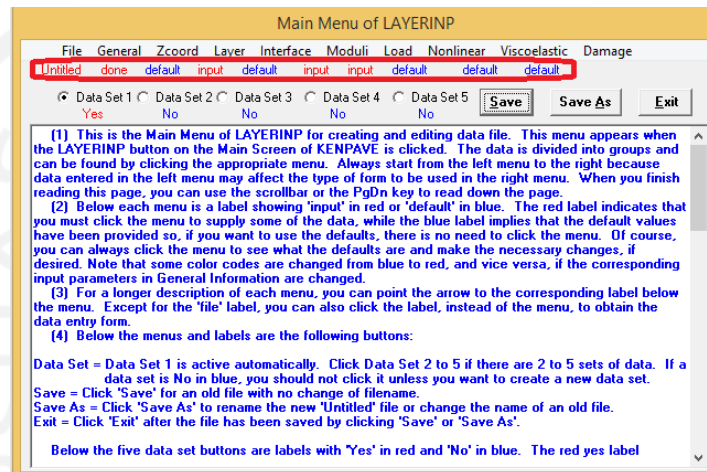
Pada menu *Help* merupakan bagian yang memberikan informasi berupa penggunaan serta menjelaskan parameter input yang tepat. Namun, beberapa layar memiliki tombol 'BANTUAN' atau menu 'Bantuan' yang menampilkan kotak teks pada layar terpisah. Anda dapat mengklik menu Print di atas kotak teks untuk mencetak informasi atau memindahkan kedua layar ke atas atau ke bawah sehingga anda dapat membaca keduanya pada saat yang sama.

3.3.4. Editor

Menu *editor* dapat digunakan untuk memeriksa, mengedit dan mencetak *file* data. Penggunaan editor ini sangat dianjurkan bagi seorang yang belum mahir. Bagi seseorang yang sudah mahir dalam pengoprasian maka penggunaan menu *editor* dapat membantu pengimputan data yang lebih cepat agar tidak terjadi kesalahan yang mengakibatkan tidak bisa memuat dan mengedit file dengan *LAYERINP* atau *SLABSINP* karena ketidakcocokan data.

3.3.5. LAYERINP atau SLABSINP

LAYERINP atau *SLABSINP* dapat digunakan untuk membuat *file* data sebelum *KENLAYER* atau *KENSLABS* dapat dijalankan. berikut gambar jendela *LAYERINP*.



Gambar 3.6 Main Menu of Layerinp

Label yang berada di bilah menu perlu diperhatikan agar mencegah hilangnya data yang diperlukan contohnya pada Gambar 3.7 diatas, menu yang bertuliskan '*input*' diharuskan diisi hingga berubah menjadi '*done*' jika bertuliskan '*default*' maka tidak harus diisi.

3.3.6. KENLAYER atau KENSLABS

KENLAYER atau *KENSLABS* adalah program utama untuk analisis perkerasan dan hanya dapat dijalankan setelah *file* data dibuat. program dapat membaca dari *file* data dan memulai eksekusi. Selama eksekusi, beberapa hasil dapat muncul di layar untuk memberi tahu anda bahwa program sedang berjalan.

3.3.7. LGRAPH atau SGRAPH

LGRAPH atau *SGRAPH* dapat digunakan untuk membuat grafik rencana dan penampang perkerasan bersama dengan beberapa informasi tentang *input* dan *output*.

3.3.8. Countur

Menu ini berguna untuk memplot kontur tekanan atau momen dalam arah x atau y. Untuk pelat perkerasan, tidak mengalami momen yang diterapkan secara eksternal, hanya tekanan pada pelat yang dimuat yang diplot.

3.4. Program *KENLAYER*

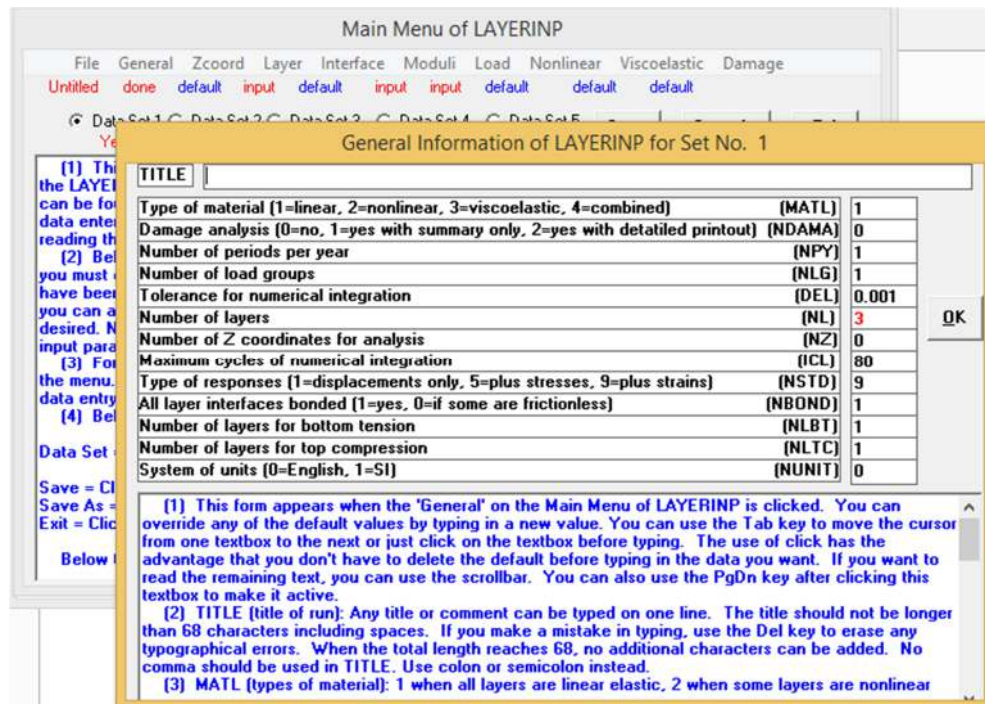
Program *KENLAYER* adalah program yang digunakan untuk jenis perkerasan lentur yang dapat dimulai setelah memasukan data pada menu *LAYERINP*. Menu yang ada di *LAYERINP* terdiri dari 11 (sebelas) menu. Setiap menu memiliki data yang harus diisi. Berikut penjelasan mengenai menu yang ada di *LAYERINP*.

3.4.1. File

Menu *file* digunakan untuk memulai pekerjaan dengan pilihan *new* untuk file baru atau *old* untuk file yang sudah ada.

3.4.2. General

Merupakan menu yang memunjukkan informasi mengenai perkerasan yang akan dianalisis. Dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7 Tampilan Layar *General*

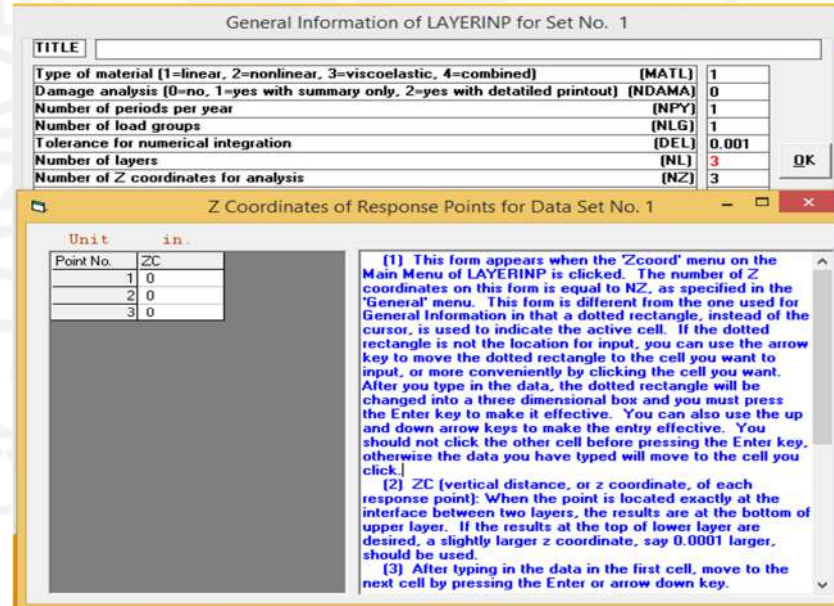
Dalam menu *general* terdapat beberapa menu yang harus diisi dengan nilai tertentu, seperti:

- a). *TITLE* : memasukan judul dari analisa (maksimal 68 karakter)
- b). *MATL* : Memilih tipe dari material . Jika (1) lapisan merupakan linear elastis (2) lapisan merupakan non linear elastis, (3) lapisan merupakan viskoelastis, (4) lapisan merupakan campuran di antara ke tiga lapisan tersebut.
- c). *NDAMA* : Memilih analisa kerusakan. Jika memasukan nilai (0) tidak ada kerusakan analisis, (1) terdapat kerusakan analisis dan mengeluarkan hasil *printout*, (2) terdapat kerusakan analisis dan mengeluarkan hasil *printout* yang lebih detail.
- d). *DEL* : Nilai akurasi data.
- e). *NL* : Jumlah lapisan, maksimal 19 lapis.

- f). *NZ* : Letak koordinat arah z yang dianalisa. Jika nilai *NDAMA*=1 atau 2, maka *NZ*= 0. Kerena program akan menganalisis di kordinat yang mengalami analisa kerusakan
- g). *NSTD* :Nilai dari *stress*, *strain* dan *displacement*. (1) untuk vertikal *displacement* dan nilai tegangan (5) untuk nilai vertikal *displacement*, regangan dan tegangan.
- h). *NBOND* : (1) jika antar lapis saling terikat, (2) jika antar lapis tidak saling terikan atau nilai gesekan tidak dianggap.
- i). *NUNIT* : Satuan yang digunakan. (0) satuan ingris, (1) satuan *SI*.

3.4.3. Zcoord

Zcoord adalah menu untuk menganalisis perkerasan pada titik jarak kordinat Z. Poin pada menu tersebut otomatis jumlahnya pasti sama dengan nilai *NZ* pada pengisial menu *general*. Contoh ditampilkan dalam Gambar 3.8 berikut, di *point* tersebut dimasukan nilai kedalaman yang mau dianalisa.



Gambar 3.8 Jendela Menu *Zcoord*

3.4.4. Layer

Terdapat dua kolom yang di input pada menu *layer*. Kolom pertama yaitu TH adalah tebal tiap layer dan kolom kedua PR adalah poisson's ratio tiap layer. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.9 berikut.

After typing the value in a cell, be sure to press the Enter key to make it effective.

Unit	in.	pcf
Layer No.	TH	PR
1	0	0
2	0	0
3	XXXXXXXXXX	0

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

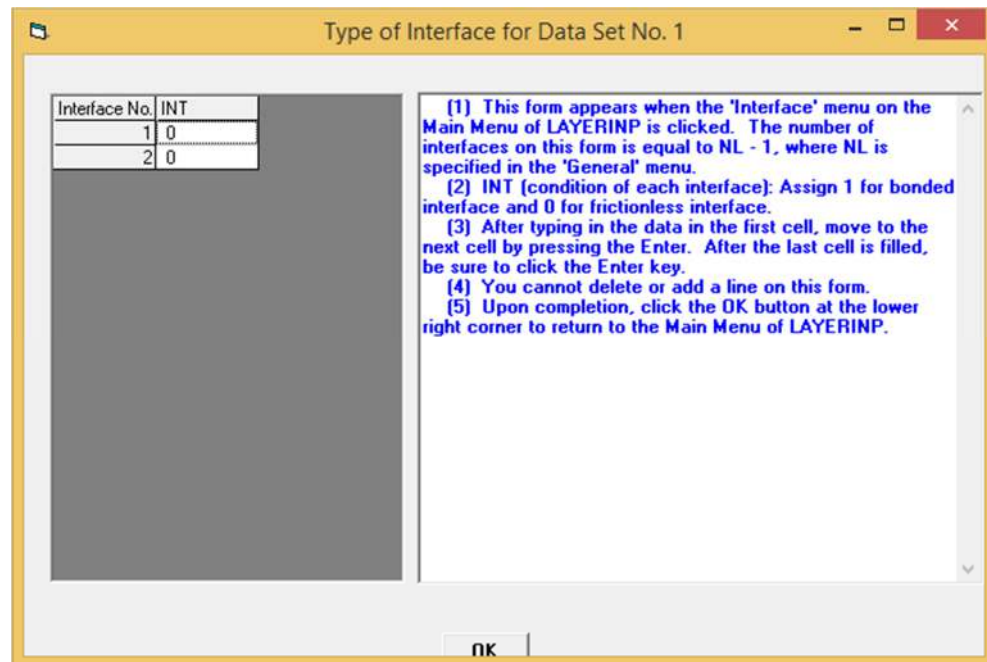
(1) This form appears when the 'Layer' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of layers on this form is equal to NL, as specified in the 'General' menu. This form is different from the one used for General Information in that a dotted rectangle, instead of the cursor, is used to indicate the active cell. If the dotted rectangle is not the location for input, you can use the arrow key to move the dotted rectangle to the cell you want to input, or more conveniently by clicking the cell you want. After you type in the data, the dotted rectangle will be changed into a three dimensional box and you must press the Enter key to make it effective. You can also use the up and down arrow keys to make the entry effective. Note that the dotted rectangle is now in the upper left cell, so you can type in the data right away. If you want to read the remaining text and use the PgDn key, instead of the scrollbar, you

OK

Gambar 3.9 Tampilan Jendela *Layer*

3.4.5. Interface

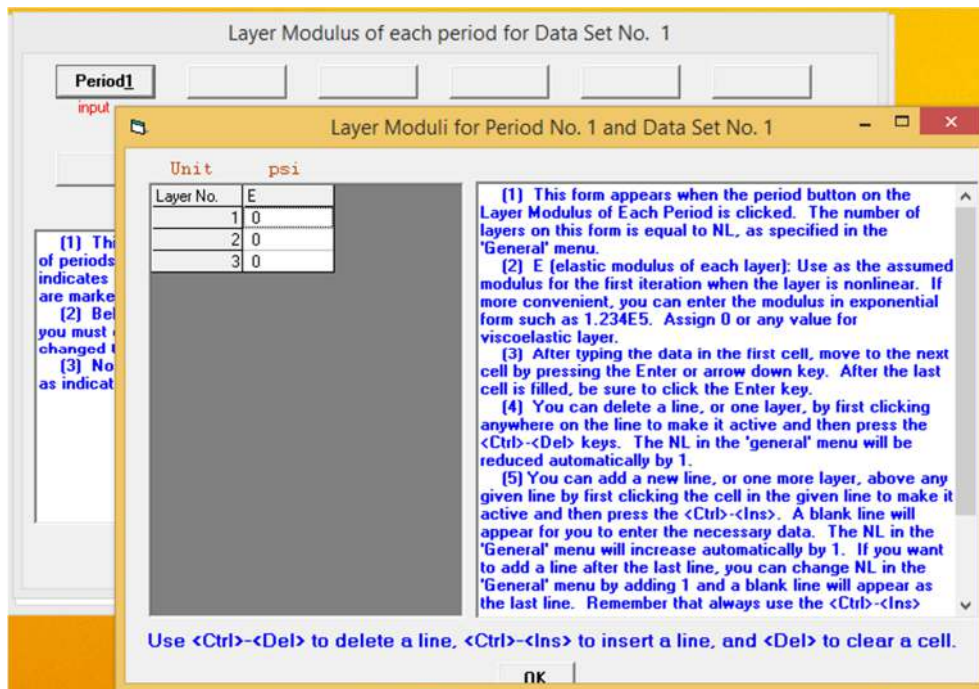
Menu interface tergantung pada nilai input *NBOUND* pada menu general . Jika *NBOUND* = 1 maka menu interface menjadi *default*. Jika *NBOUND* = 2 maka menu *interface* menjadi aktif untuk diinput. Seperti Gambar 3.11 berikut.



Gambar 3.10 Tampilan Jendela *Interface*

3.4.6. Modul

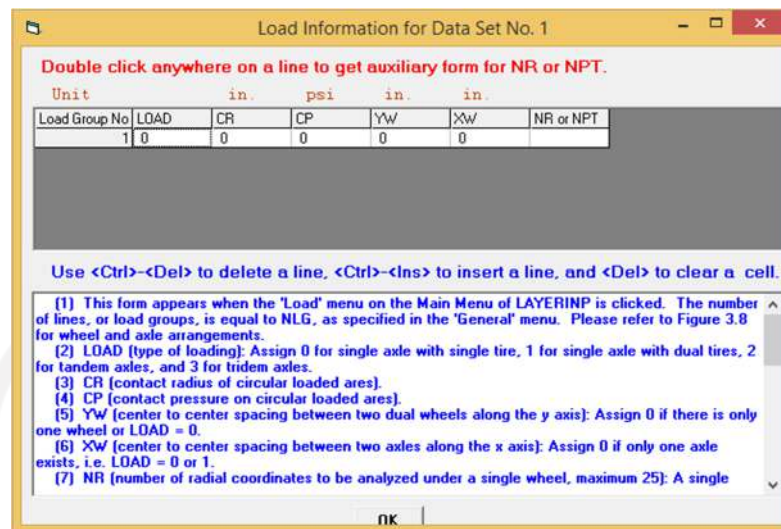
Dalam menu *modul* ini terdapat tampilan layar seperti Gambar 3.11 Jumlah dari periode pada menu ini sesuai dengan nilai input NY dalam menu *general*. Terdapat maksimum 12 periode pada menu ini. Setiap periode memiliki tampilan untuk memasukan nilai E . Nilai E (modulus elastisitas) dimasukan per *layer* yang ada.



Gambar 3.11 Tampilan Jendela *Moduli*

3.4.7. Load

Jumlah unit yang ada dalam menu ini sesuai dengan jumlah *NLG* pada menu *general*. Untuk pengisian kolom *load*, (0) untuk sumbu tunggal, (1) untuk sumbu tunggal roda ganda, (2) untuk sumbu *tandem*, (3) untuk sumbu *triple*. Kolom *CR* adalah radius kontak pembebanan. Kolom *CP* adalah nilai beban. Kolom *XW* dan *YW* adalah jarak antar roda arah x dan y. Kolom *NR* dan *NPT* merupakan titik koordinat tegangan-regangan yang ingin ditinjau. Berikut tampilan jendela *load* dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Tampilan Jendela Load

Dalam penelitian ini data yang digunakan meliputi *horizontal principal strain* serta *vertical principal strain* untuk menghitung jumlah repitisi beban berdasarkan analisa kerusakan *fatigue cracking* dan *rutting*.

3.5. Analisis Kerusakan Perkerasan

Beban kendaraan merupakan penyebab utama dari kerusakan lapis perkerasan. Pada analisis menggunakan Program *kenpave* dihasilkan nilai tegangan dan nilai regangan yang akan digunakan untuk memprediksi kerusakan yang terjadi pada perkerasan. Adapun jenis kerusakan yang dianalisa yakni *fatigue cracking*, *rutting* dan *permanent deformation*.

3.5.1. Fatigue cracking

Persamaan menghitung *fatigue cracking* untuk mengetahui jumlah repitisi beban yang terjadi berdasarkan regangan tarik di bawah permukaan perkerasan lentur menggunakan Persamaan 3.5 berikut

$$N_f = 0,0796 (\epsilon_t)^{-3,921} | E |^{-0,854} \quad (3.5)$$

dengan:

N_f = Jumlah nilai beban pengulangan yang diijinkan untuk mengontrol *fatigue Cracking*,

ϵ_t = *Tensile strain* di lokasi tinjauan kritis yang dihitung berdasarkan respon model

struktur atau regangan tarik pada bagian bawah lapis permukaan,

E = Modulus elastis pada lapis permukaan atau lapis *HMA*

3.5.2. Rutting

Nilai jumlah repetisi beban untuk retak alur berdasarkan pada regangan tekan di bawah pondasi dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.6 di bawah ini.

$$N_r = f_4 (\epsilon_c)^{-f_5} \quad (3.6)$$

dengan:

N_r = Nilai jumlah repetisi beban yang diijinkan untuk mengontrol *rutting*,

f_4, f_5 = Koefisien kriteria deformasi permanen, dan

ϵ_c = Regangan tegangan vertikal di atas lapisan dasar

3.5.3. Permanent Deformation

Persamaan deformasi permanen untuk mengetahui jumlah repetisi beban pada perkerasan lentur adalah sebagai berikut.

$$N_d = f_4 (\epsilon_c)^{-f_5} \quad (3.7)$$

dengan;

N_d = jumlah niali repetisi beban yang diijinkan untuk mengontrol permanent deformation,

ϵ_c = regangan tekan vertikal di atas lapisan dasar, dan

f_4, f_5 = Koefisien kriteria deformasi permanen

3.6. Nilai Sisa Umur Layan

Umur pelayanan perkerasan adalah kemampuan daya dukung jalan terhadap beban lalu lintas yang terjadi secara berulang hingga saat jalan tersebut diperlukan

perbaikan. Umur layan dapat ditentukan dengan satuan tahun atau satuan juta lintasan beban gandar standar/ *million standart axle* (MSA). Analisa nilai sisa dapat ditentukan dengan menghitung jumlah lalu lintas aktual dan jumlah repitisi beban ijin saat terjadi keruntuhan (*failure*) yang dinyatakan dalam satuan 18-Kip *ESAL*. Perbandingan antara jumlah nilai-nilai tersebut dapat dinyatakan sebagai nilai sisa umur layan. Untuk menghitung nilai umur layan digunakan Persamaan 3.8 berikut.

$$RL = 100 \left(1 - \frac{Np}{N_{1,5}}\right) \quad (3.8)$$

dengan :

RL = *Remaining Life*

Np = Σ kumulatif W18 per tahun, dan

N_{1,5} = Kumulatif W18 tahun terakhir umur rencana.

3.7. Karakteristik Material

Karakteristik dari material ada beberapa macam . berikut adalah karakteristik material tersebut.

3.7.1. Elastic Layer

Karakteristik material linear elastik ini menganggap bahwa setiap layer struktur perkerasan Homogen, Isotropis, dan elastis secara linear. Permodelan layer secara linear elastik dapat menghitung tegangan, regangan dan defleksi di struktur perkerasan yang permukaannya telah dibebani.

3.7.2. Viscoelastic Layer

Karakteristik material aspal yang bersifat viscoelastik layer di mana waktu pembebanan mempengaruhi perilaku aspal. Solusi dari *viscoelastic layer* ini diperoleh melalui prinsip koresponden elastis-viskoelastik dengan menerapkan *laplace transform* untuk menghilangkan variabel waktu (Huang, 2004). Adapun cara untuk mengkarakteristikan bahan viskoelastis adalah melalui spesifikasi *creep compliances*. Untuk mengukur *creep compliances* dihitung menggunakan 11 durasi waktu yang berbeda antara lain 0,001 ; 0,003 ; 0,01 ; 0,03 ; 0,1 ; 0,3 ; 1 ; 3 ; 10 ; 30 ; dan 100 detik. Untuk temperatur standar pada perkerasan lentur yang

disarankan ketika *input* pada *layerinp* dapat di tampilkan pada persamaan 3.9 berikut:

$$D(t) = 1 E0 (1 + t T0) + \sum 1 E1 [1 - \exp(-t T1)] \quad (3.9)$$

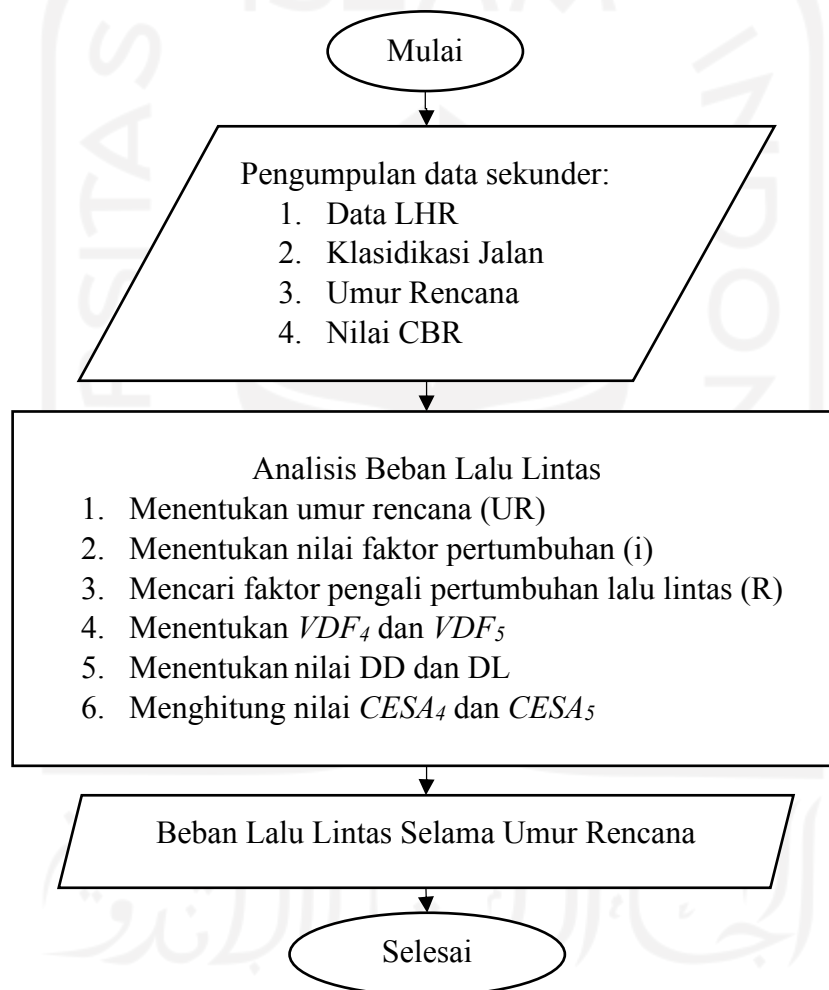


BAB 4

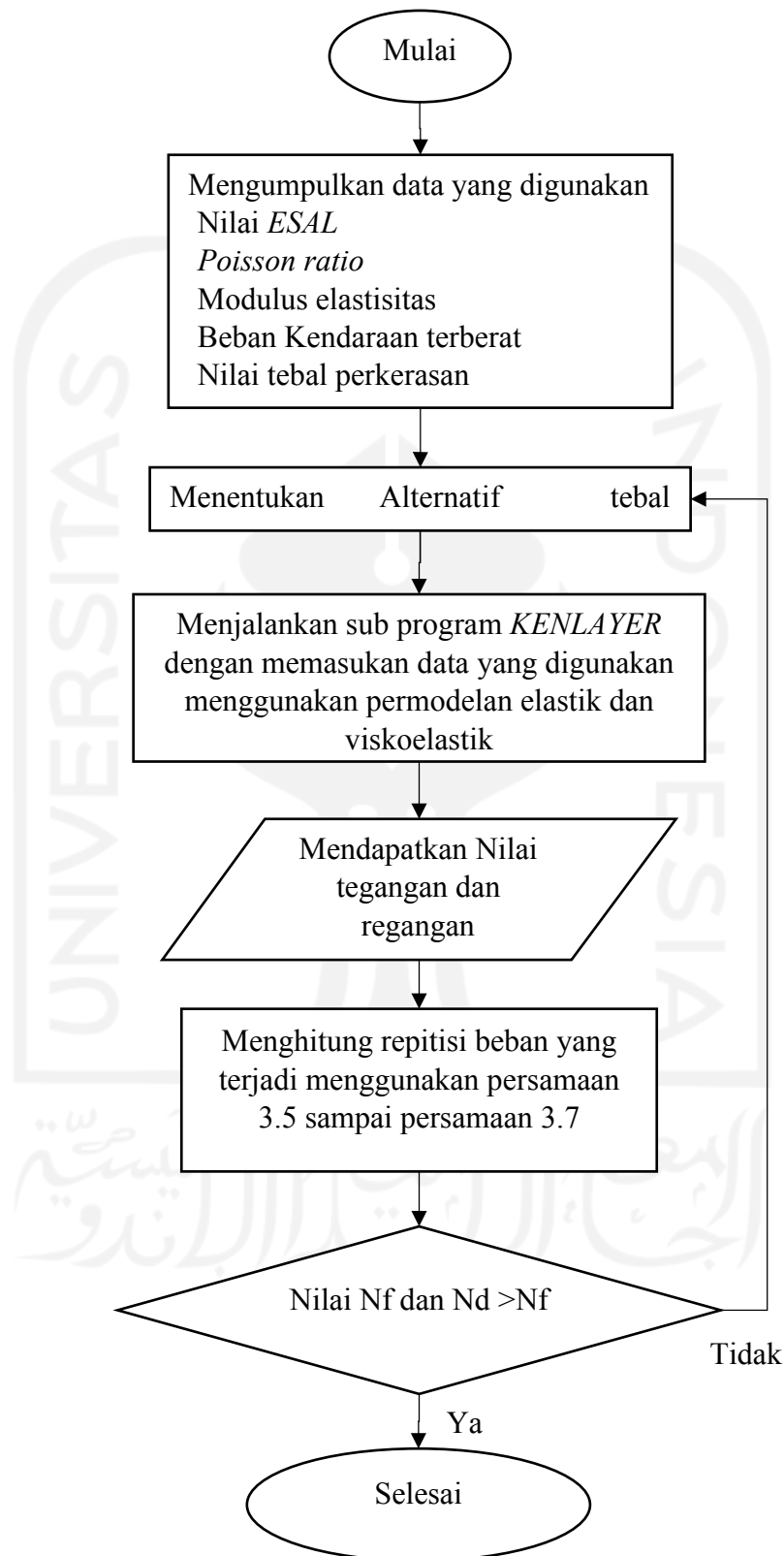
METODE PENELITIAN

4.1. Tahapan Penelitian

Adapun dalam penelitian ini dapat dijelaskan secara singkat menggunakan bagan alir seperti Gambar 4.1 berikut.

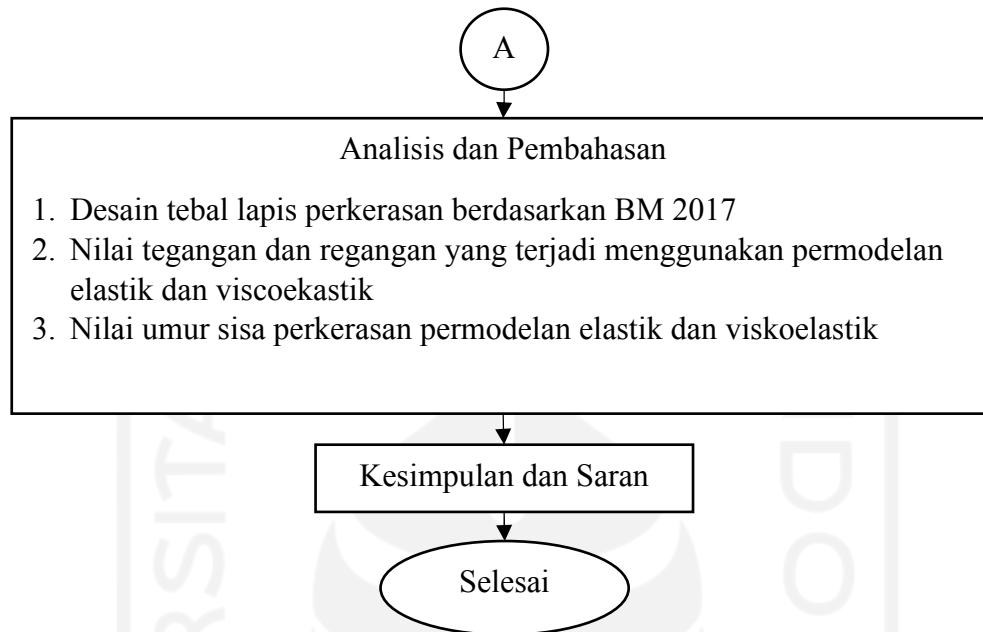


Gambar 4.1 Prosedur Desain dengan Metode Bina Marga 2017



Gambar 4.2 Prosedur Desain dengan Program *KENPAVE*





Gambar 4.3 Bagan Alir Penelitian

4.2. Pengumpulan Data

Dalam proses penelitian ini yang terpenting adalah data, terdapat dua jenis data yang dapat diperoleh. Dua jenis data tersebut yaitu data sekunder dan data primer. Data sekunder merupakan data yang telah ada, diperoleh dari instansi dalam pemerintahan, perpustakaan, universitas, biro pusat statistik dan perusahaan. Sedangkan data primer Merupakan data yang sumbernya diperoleh dari orang pertama misalkan hasil survei langsung lapangan. Jika data sekunder tidak memenuhi maka dapat dilengkapi dengan data primer.

Dalam penelitian ini data sekunder diperoleh dari P2JN Provinsi Kalimantan Tengah. Berikut merupakan data yang dapat diperoleh untuk analisis penelitian jalan arteri di provinsi Kalimantan Tengah.

1. Peta Lokasi
2. Data tanah dasar
3. Data Lintas Harian Rencana (LHR)

4. Data *properties material*, dan
5. Data struktur perkerasan jalan seperti geometri jalan (panjang jalan, lebar lajur, lebar median, bahu jalan, jumlah arah dan jalur jalan)

4.3. Analisis Data

Tahap analisis data pada penelitian ini menggunakan software bantuan dari *Microsoft Excel 2016* dan *KENPAVE*. Adapun tahapan analisis pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menghitung pembagian sumbu masing-masing golongan kendaraan
2. Menghitung faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dengan menggunakan Persamaan 4.1 berikut.

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01 i} \quad (4.1)$$

dengan

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

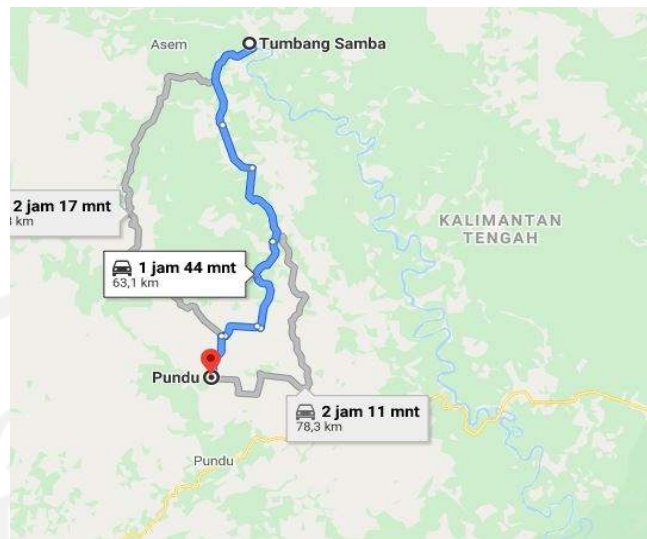
i = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan(%)

UR = Umur rencana (tahun)

3. Menghitung *vehicle damage factor* menggunakan Tabel 3.5 dan Tabel 3.6
4. Menghitung sisa umur perkerasan menggunakan Persamaan 3.2

4.4. Lokasi Studi Kasus

Lokasi yang menjadi tinjauan dalam penelitian ini adalah Ruas Jalan penghubung antara Kabupaten Kotawaringin Timur - Kabupaten Katingan, lebih tepatnya di Desa Samba Danum Kecamatan Katingan Tengah yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.4 Peta Lokasi Kabupaten Katingan
(Sumber: Google Maps, 2019)

4.5. Prosedur Desain Perkerasan Jalan Lentur Bina Marga 2017

Prosedur dalam penggunaan Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017 untuk desain tebal perkerasan adalah sebagai berikut.

1. Menentukan Umur Rencana
2. Menentukan nilai-nilai ESA4 atau ESA5 sesuai umur rencana yang dipilih
3. Menentukan tipe perkerasan
4. Menentukan segmen tanah dasar dengan daya dukung yang seragam.

4.6. Prosedur Metode *KENPAVE*

Pada permodelan tebal lapis struktur perkerasan menggunakan program *KENPAVE* prosedurnya sebagai berikut.

1. Menentukan data *properties material* seperti:
 - a. Tebal lapis perkerasan
 - b. Mengasumsikan nilai modulus elastisitas (E) tiap lapis perkerasan.
 - c. Menentukan nilai *poisson's ratio* tiap lapis perkerasan berdasarkan jenis perkerasan.
2. Menganalisis data lalu lintas minimum
3. Melakukan permodelan struktur perkerasan pada program *KENPAVE*

4. Melakukan permodelan perkerasan lentur menggunakan sub program *KENLAYER*.
5. Meng-*input* inforasi umum tentang struktur perkerasan eksisting, seperti judul berkas, tipe material, jumlah *layer Z* (kedalaman), tipe respon yang akan dianalisa, jenis pengikat lapisan dan menentukan satuan yang digunakan.
6. Meng-*input* Jumlah Point yang dianalisa berserta jarak vertikal.
7. Men-*input* tebal dan nilai *poisson rasio* tiap lapis perkerasan.
8. Meng-*input* ikatan antar lapisan
9. Meng-*input* jumlah periode yang ditinjau dan nilai modulus elastisitas tiap lapis .
10. Meng-*input* info beban data lalu lintas, yaitu beban roda, radius kontak pembebanan, nilai beban, jarak antar roda Y dan X dan titik koordinat regangan tegangan yang di tinjau.
11. Mendapatkan hasil output deflaksi dari running program *KENLAYER* digunakan untuk mengetahui nilai repetisi yang menyebabkan kegagalan struktur perkerasan eksisting.
12. Perhitungan sisa umur perkerasan dengan menggunakan metode Bina Marga.

BAB 5

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Perhitungan Tebal Perkerasan menggunakan Bina Marga 2017

5.1.1. Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian merupakan data sekunder yang didapat dari P2JN Provinsi Kalimantan Tengah. Data tersebut adalah sebagai berikut.

5.1.2. Data Tebal Perkerasan Eksisting

Ruas Jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba yang dibangun pada tahun 2018. Berdasarkan data yang didapat dari Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Provinsi Kalimantan Tengah, tebal perkerasan eksisting memiliki struktur lapis banyak yang dapat dilihat pada Tabel 5.1 di bawah ini.

Tabel 5.1 Tebal Lapis Perkerasan Eksisting

Lapis Perkerasan	Tebal Perkerasan (cm)
<i>AC-WC</i>	4
<i>AC-BC</i>	6
<i>CTB</i>	27
<i>LPA kelas A</i>	15

5.1.3. Data CBR

Data *CBR* merupakan data sekunder yang didapat dari Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Provinsi Kalimantan Tengah. Tabel Pengujian *CBR* dapat dilihat pada Lampiran 1.

5.1.4. Kondisi Ruas Jalan

Kondisi ruas jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba dapat dilihat pada Tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5.2 Kondisi Ruas Jalan Simpang Pundu - Tumbang Samba

No.	Data	Keterangan
1.	Jenis Jalan	Kolektor
2.	Umur rencana (UR)	20 Tahun
3.	Pertumbuhan Lalu lintas (i)	3,5 %
4.	Distribusi Kendaraan	2 Jalur 2 Arah

Sumber: Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Kalimantan Tengah 2019

5.1.5. Data Lalu Lintas

Data Lalu-lintas Harian Rata-rata ruas Jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5.3 Data Lalu-lintas Harian Rata-rata Ruas Jalan Simpang Pundu - Tumbang Samba

No.	Gol.	Jenis Kendaraan	LHR 2019
1.	1	Sepeda Motor	2548
2.	2	Sedan, Jeep dan Station Wagon	365
3.	3	Pick Up, Combi dan Mini Bus	17
4.	4	Pick Up, Mini Truk, dan Mobil Hataran	274
5.	5a	Bus Kecil	5
6.	5b	Bus Besar	1
7.	6a	Truk Ringan 2 Sumbu	5
8.	6b	Truk Berat 2 Sumbu	619
9.	7a	Truk Ringan 3 Sumbu	0
9.	7a2	Truk Berat 3 Sumbu	10

Sumber: Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Kalimantan Tengah 2019

5.1.6. Perhitungan Beban Lalu Lintas

Dari data lalu lintas di atas untuk mendapatkan nilai *CESA* maka terlebih dahulu menentukan nilai sebagai berikut.

a. Faktor pertumbuhan lalu-lintas

Faktor pertumbuhan lalu-lintas dinyatakan dalam satuan persen per tahun (%/tahun). Nilai faktor pertumbuhan lalu-lintas $R(2019-2020)$

dan R(2021-2040) dapat ditentukan menggunakan Persamaan 3.1 dengan umur rencana masing-masing sama dengan 1 tahun dan 19 tahun. Sehingga nilai R masing- masing umur rencana adalah R(2019-2020) sebesar 1% dan R(2021-2040) sebesar 26,36%.

b. Faktor distribusi lajur (D_L)

Beban desain pada lajur tidak boleh melebihi kapasitas lajur pada setiap tahun umur rencana. Faktor distribusi lajur sesuai Tabel 3.4 untuk kendaraan niaga dengan jumlah lajur pada setiap arah yaitu 1.

c. Faktor distribusi arah (D_D)

Faktor distribusi arah digunakan 0,5 sesuai yang disarankan Bina Marga 2017 yaitu antara 0,3 sampai dengan 0,7.

d. VDF (*Vehicle Damage Factor*)

Nilai VDF masing-masing kendaraan niaga yang digunakan untuk menghitung ESA dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Nilai VDF Masing-masing Jenis Kendaraan

Kode	Jenis Kendaraan	Kalimantan			
		Beban aktual		Beban Normal	
		VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
1, 2, 3, 4, 5A	Sepeda Motor, Mobil Penumpang, Pick Up	-	-	-	-
5B	Bus Besar	1	1	1	1
6A	Truk ringan 2 sumbu	0,55	0,5	0,55	0,5
6B	Truk berat 2 sumbu	4,8	8,5	3,4	4,7
7A1	Truk ringan 3 sumbu	9,9	18,3	4,1	5,3
7A2	Truk berat 3 sumbu	9,6	17,7	4,2	5,4
7B2	Truk gadeng	-	-	-	-
7C1	Truk 4 sumbu	11,7	20,4	7,0	10,2
7C2A	Truk 5 sumbu	8,2	14,7	4,0	5,2
7C3	Truk 6 sumbu	13,5	22,9	9,8	15,0

Sumber: Bina Marga 2017

Perhitungan beban sumbu standar kumulatif atau disebut *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA)* yang ditentukan dengan Persamaan 3.2. Hasil rekapitulasi perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 berikut.



Tabel 5.5 Perhitungan Nilai CESA 4

Jenis Kendaraan	LHR 2019	LHR 2020	LHR 2021	VDF 4 Aktual	VDF 4 Normal	ESA4 (19-20) Aktual	ESA 4 (19-20) Normal	ESA4 (19-20) Aktual	ESA4 (21-40) Normal	ESA4 (19-20) Aktual	ESA4 (21-60) Normal
1,2,3,4,5a	3209	3321	3438	0	0	0	0	0	0	0	-
5B	1	1	1	1	1	188,89	2.027,03	188,89	5.152,79	188,89	15.781,60
6A	5	5	5	0,55	0,55	519,44	5.574,32	519,44	14.170,17	519,44	43.399,41
6B	619	641	663	4,8	3,4	561.222,54	4.266.078,97	561.222,54	10.844.563,73	561.222,54	33.213.961,86
7A1	0	0	0	9,9	4,1	-	-	-	-	-	-
7A2	10	10	11	9,6	4,2	18.133,20	85.135,09	18.133,20	662.827,33	18.133,20	662.827,33
7B1	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
7B2	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
7C1	0	0	0	11,7	7	-	-	-	-	-	-
7C2A	0	0	0	8,2	4	-	-	-	-	-	-
7C2B	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
7C3	0	0	0	13,5	9,8	-	-	-	-	-	-
				CESA 4		580.064,07	4.358.815,41	580.064,07	11.526.714,02	580.064,07	33.935.970,20

Tabel 5.6 Perhitungan Nilai CESA 5

Jenis Kendaraan	LHR 2019	LHR 2020	LHR 2021	VDF 5 Aktual	VDF 5 Normal	ESA5 (19-20) Aktual	ESA5 (19-20) Normal	ESA5 (19-20) Aktual	ESA5 (21-40) Normal	ESA5 (19-20) Aktual	ESA5 (21-60) Normal
1,2,3,4,5a	3209	3321	3438	0	0	0	0	-	-	0	0
5B	1	1	1	1	1	188,89	2.027,03	188,89	5.152,79	188,89	15.781,60
6A	5	5	5	0,5	0,5	472,22	5.067,57	472,22	12.881,98	472,22	39.454,01
6B	619	641	663	8,5	4,7	993.831,58	5.897.226,82	993.831,58	14.991.014,56	993.831,58	45.913.417,86
7A1	0	0	0	18,3	5,3	-	-	-	-	-	-
7A2	10	10	11	17,7	5,4	33.433,09	109.459,41	33.433,09	278.250,71	33.433,09	852.206,57
7B1	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
7B2	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
7C1	0	0	0	20,4	10,2	-	-	-	-	-	-
7C2A	0	0	0	14,7	5,2	-	-	-	-	-	-
7C2B	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
7C3	0	0	0	22,9	15	-	-	-	-	-	-
				CESA5		1.027.926	6.013.780,81	1.027.926	15.287.300	1.027.925,78	46.820.860,04

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
 الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

5.1.7. Penentuan Tebal Lapis Perkerasan Bina Marga 2017

Penentuan tebal lapis perkerasan ditentukan dari perhitungan beban lalu lintas berdasarkan nilai *CESA* pada umur rencana yang kemudian digunakan untuk memilih jenis perkerasan. Sehingga pada Tabel 3.3 pada bab sebelumnya Pemilihan jenis perkerasan menurut nilai *CESA* 4 selama 20 tahun adalah sebesar **12.106.778,09** menggunakan Bagan Desain 3 yaitu jenis perkerasan AC dengan CTB yang memakai asumsi pembebanan serta pertimbangan biaya yang terkecil. Berikut adalah perincian pemilihan jenis perkerasan dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.



Tabel 5.7 Pemilihan Jenis Perkerasan Berdasarkan Nilai Pembebanan

Struktur Perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 – 10	>10 – 30	>30 – 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan $CBR \geq 2,5\%$)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC – WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasaan tanpa penutup (Japat, Jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

Sumber: Bina Marga, 2017

Mengacu pada Tabel 5.6 Diatas menggunakan Bagan Desain 3 dari Bina Marga 2017 untuk menentukan tebal lapis perkerasan dengan nilai CESA 5 selama 20 tahun sebesar **16.315.225,81**. Berikut adalah rincian penentuan nilai tebal perkerasan yang ditampilkan pada Tabel 5.8 di bawah ini.

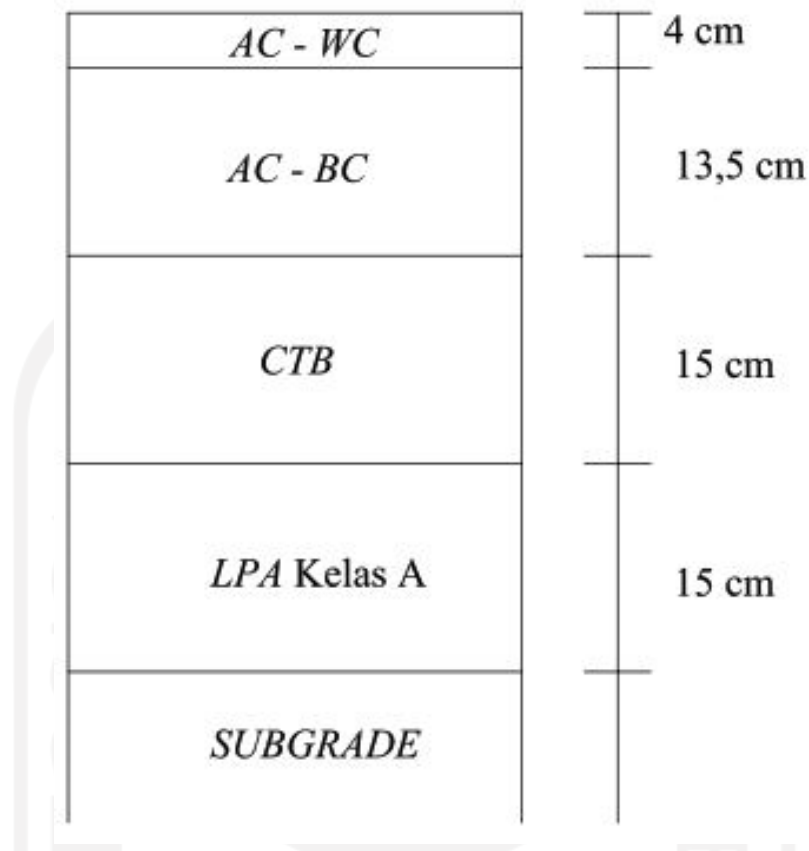
Tabel 5.8 Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum Dengan CTB¹⁾

	F1 ²	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESA ⁵ lihat Bagan Desain – 3A, 3B dan 3C	Lihat Bagan Desain – 4 Untuk alternatif perkerasan kaku ³			
Repitisi beban sumbu Kumulatif 20 tahun pada jalur rencana (10 ⁶ ESA ⁵)	>10 -30	>30 -50	>50 -100	>100 -200	>200 -500
Jenis permukaan berpengikat	AC	AC			
Jenis lapis Fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	40	50
AC BC ⁴	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB ³	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

Sumber: Bina Marga, 2017

Dari Tabel 5.8 di atas tebal lapis perkerasan lentur yang digunakan dapat dilihat seperti Gambar 5.1 sebagai berikut.

1. AC – WC = 40 mm
2. AC – BC = 135 mm
3. CTB = 150 mm
4. LFA Kelas A = 150 mm



Gambar 5.1 Tebal Perkerasan Lentur

Setelah didapatkan hasil tebal perkerasan dari metode Bina Marga 2017, selanjutnya dievaluasi menggunakan *KENPAVE*.

5.2. Evaluasi Tebal Perkerasan Menggunakan *KENPAVE*

Untuk evaluasi tebal struktur perkerasan menggunakan *KENPAVE* parameter yang digunakan untuk mengetahui nilai tegangan, regangan dan lendutan adalah modulus elastisitas dan *Poisson's Rasio* pada masing-masing lapisan perkerasan. Nilai regangan di bagian atas lapis permukaan aspal dan di bawah lapis pondasi digunakan untuk mengetahui nilai repitisi beban. Adapun tebal struktur perkerasan yang dievaluasi yaitu tebal eksisting, desain Bina Marga dan 3 alternatif tebal perkerasan dengan mengurangi tebal lapis pondasi dari hasil desain Bina Marga. Berikut rekapitulasi tebal dapat dilihat pada Tabel 5.9 di bawah ini.

Tabel 5.9 Rekapitulasi Tebal Perkerasan

Lapis Perkerasan	Eksisting (mm)	Bina Marga 2017 (mm)	Alternatif 1 (mm)	Alternatif 2 (mm)	Alternatif 3 (mm)
<i>Surface</i>	100	175	175	175	175
<i>Base</i>	270	15	150	150	130
<i>Subbase</i>	150	15	130	120	130

5.2.1. Evaluasi Tebal Perkerasan Menggunakan *KENPAVE* dengan Permodelan Elastik

Pada evaluasi ini data yang digunakan merupakan tebal perkerasan eksisting diolah menggunakan program *KENPAVE* untuk mengetahui besaran kerusakan.

1. Data yang diperlukan untuk analisis menggunakan *KENPAVE*

Berikut data dan hasil rekapan berdasarkan bahan setiap lapis perkerasan dapat dilihat pada Tabel 5.10 di bawah ini .

Tabel 5.10 Rekap Parameter Tiap Lapis Perkerasan

<i>Surface</i> <i>AC-BC dan AC-WC</i>	Modulus Elastisitas (Mpa)	1200
	<i>Poisson's Ratio</i>	0,4
<i>Base</i>	Modulus Elastisitas (Mpa)	500
	<i>Poisson's Ratio</i>	0,2
<i>Sub base</i>	Modulus Elastisitas (Mpa)	124,9
	<i>Poisson's Ratio</i>	0,35
<i>Subgrade</i>	Modulus Elastisitas (Mpa)	150
	<i>Poisson's Ratio</i>	0,45

2. Evaluasi Tebal Perkerasan menggunakan *KENPAVE*

Berikut tahapan dari evaluasi tebal perkerasan eksisting menggunakan *KENPAVE* untuk perhitungan tegangan dan regangan perkerasan lentur. Pilih menu *LAYERINP* kemudian *Input* data pada masing-masing *Toolbar* seperti penjelasan berikut ini.

a. *General*

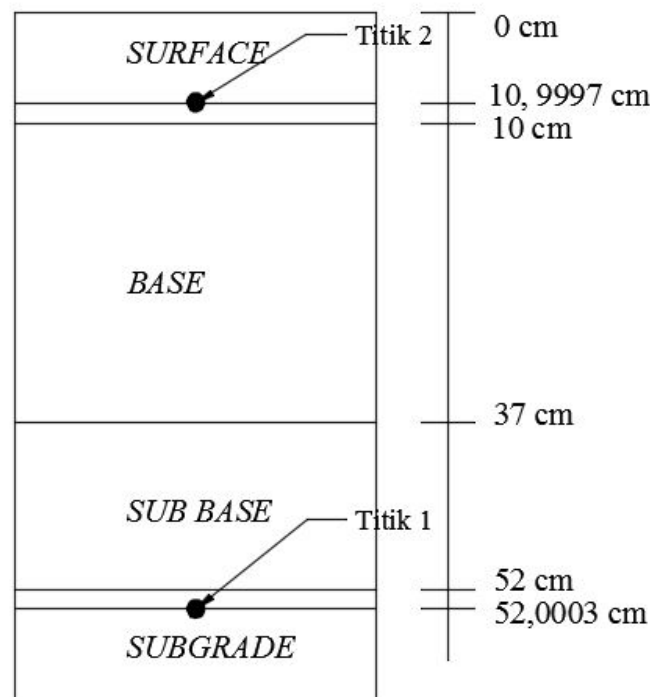
Langkah pertama yaitu isi nilai-nilai pada bagian menu *General* seperti Tabel 5.11 di bawah ini.

Tabel 5.11 Data Masukan Pada Menu *General*

Istilah	Nilai	Keterangan
<i>Title</i>	Eksisting	Diisi sesuai kelompok tebal yang dimasukkan
<i>MATL</i>	1	Pada analisis lapis perkerasan adalah linier
<i>NDAMA</i>	0	Tidak ada analisis kerusakan
<i>NPY</i>	1	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NLG</i>	1	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>DEL</i>	0,001	Standar akurasi
<i>NL</i>	5	Jumlah lapisan perkerasaan pada analisis (<i>surface, base, sub base, subgrade</i>)
<i>NZ</i>	5	Letak Koordinat arah Z yang dianalisis
<i>ICL</i>	80	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NSDT</i>	9	Untuk vertikal <i>displacement</i> , nilai regangan dan tegangan
<i>NBOND</i>	1	Semua lapisan saling mengikat
<i>NLBT</i>	0	
<i>NLTC</i>	0	
<i>NUNIT</i>	1	Satuan yang digunakan adalah SI (Standar Internasional)

b. *Zcoord*

Jumlah titik tinjauan kerusakan diisi sesuai nilai NZ. Nilai NZ sebelumnya yaitu 5. Titik tinjau 1 merupakan titik dasar lapisan di bawah aspal, titik tersebut merupakan tinjauan untuk analisis kerusakan *Permanent Deformation* dan untuk analisis kerusakan *fatigue cracking* dan *rutting* ditinjau dari titik tinjau 2. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.2 di bawah ini



Gambar 5.5.2 Letak Titik Tinjauan Kerusakan

c. *Layer*

Pada menu layer parameter yang dimasukkan yaitu *Poisson's Rasio* setiap tebal lapisan data yang dimasukkan dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Data masukan Pada Menu Layer

No. Layer	Thickness (cm)	Poisson's Ratio
1	4	0,4
2	13.5	0,4
3	15	0.35
4	15	0.35
5	∞	0.45

d. *Moduli*

Data masukan untuk menu *moduli* adalah modulus elastisitas pada setiap lapisan. Dari tebal yang didapat hasil perhitungan modulus setiap lapisan nya dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13 Data Masukan Pada Menu *Moduli*

No.	Modulus Elastisitas (kPa)	Bahan
1	1100000	<i>AC – WC</i>
2	1200000	<i>AC – BC</i>
3	500000	<i>CTB</i>
4	124900	<i>LPA Kelas A</i>
5	150000	<i>Subgrade</i>

e. *Load*

Data masukan untuk menu *Load* rinciannya dapat dilihat pada Tabel 5.14 sebagai berikut.

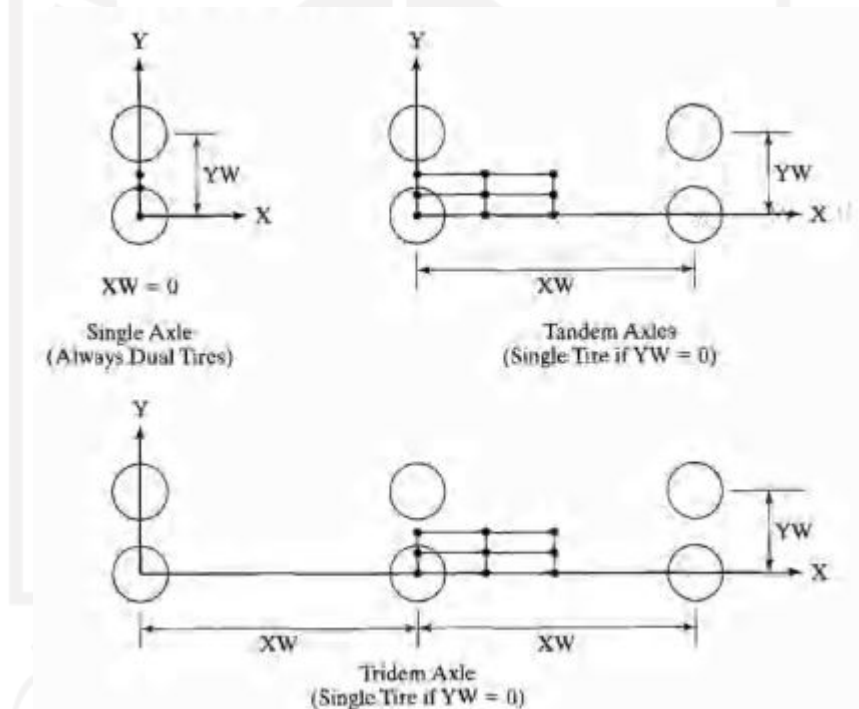
Tabel 5.14 Data Masukan Pada Menu *Load*

Data No.	1	Grup
Load	1	<i>Singel axle load, roda gandar tunggal</i>
CR	11	Berdasarkan nilai jarak antar ban (cm)
CP	550	Nilai tekanan ban (kPa)

Lanjutan Tabel 5.15 Data Masukan Pada Menu *Load*

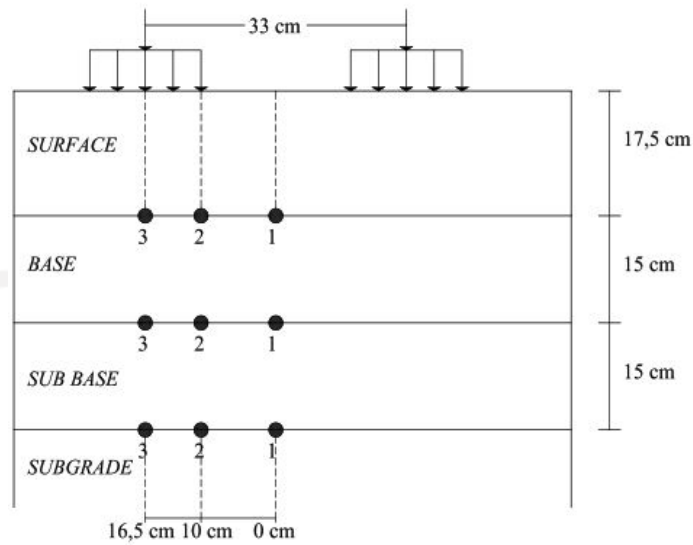
Data No.	1	Grup
<i>YW</i>	33	Berdasarkan <i>Plan View of Multiple Wheels</i>
<i>XW</i>	0	Berdasarkan <i>Plan View of Multiple Wheels</i>
<i>NPT or NR</i>	3	Jumlah koordinat tinjauan

Dikarenakan analisis ini roda merupakan *single axle with dual tires* maka nilai *YW* dan *XW* diambil berdasarkan Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Plan View of Multiple Wheels
(Sumber: Huang, 2004)

Sedangkan, untuk nilai *NPT* dilihat dari tinjauan titik koordinat yang pada jenis roda *Single axle with dual tires* dapat digambarkan seperti pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 Letak Titik Tinjauan Berdasarkan Jenis Roda

Setelah data dimasukkan maka selanjutnya disimpan dan kembali ke menu utama. Selanjutnya untuk melihat hasil dari analisis klik menu *KENAYER* tunggu beberapa saat hingga muncul hasil yang berbentuk file berformat '*.textdocument*'.

3. Hasil Analisis *KENLAYER*

Hasil *output* dari program *Kenlayer* yang berupa nilai tegangan dan regangan yang terjadi pada struktur perkerasan. Tabel 5.15 berikut merupakan *output* tegangan dan regangan ketika struktur perkerasan telah dibebani berdasarkan koordinat yang telah ditinjau.

Tabel 5.16 Hasil Analisis dengan Permodelan *Elastic*

Pengulangan Beban	<i>Vertical Strain</i> pada kedalaman 9,9997 cm	<i>Horizontal Strain</i> pada kedalaman 9,9997 cm	<i>Vertical Strain</i> pada kedalaman 52,0003 cm
1	0,0001914	0,0003486	0,0001977
2	0,0001702	0,0001795	0,0002147
3	0,000148	0,00006079	0,000177
Maksimum	0,0001914	0,0003486	0,0002147

Dari tabel di atas diperoleh nilai regangan pada lapis di bawah permukaan perkerasan lentur atau *HMA* sebesar **0,0001914** untuk analisa kerusakan jenis *fatigue cracking*. Untuk analisa kerusakan jenis *rutting* dan *permanent deformation* masing-masing nilainya sebesar **0,0003486** dan **0,0002147**.

Menggunakan Persamaan 3.5 hingga Persamaan 3.7 perhitungan jumlah repetisi beban untuk mendapatkan nilai kerusakan *fatigue cracking*, *rutting* dan *permanent deformation* berikut perhitungannya.

- a. Perhitungan nilai N_f untuk kontrol kerusakan *fatigue cracking*

$$N_f = 0,0796 (\epsilon_t)^{-3,921} | E |^{-0,854}$$

$$N_f = 0,0796 (0,0001914)^{-3,921} | 1200000 |^{-0,854}$$

$$N_f = 193.998.317,13 \text{ ESAL}$$

- b. Perhitungan nilai N_d untuk kontrol kerusakan *rutting*

$$N_d = f_4 (\epsilon)^{-f_5}$$

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} \times (0,0003486)^{-4,477}$$

$$N_d = 4.122.237,02 \text{ ESAL}$$

- c. Perhitungan nilai N_d untuk kontrol kerusakan *permanent deformation*

$$N_d = f_4 (\epsilon)^{-f_5}$$

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} \times (0,0002147)^{-4,477}$$

$$N_d = 36.101.112,75 \text{ ESAL}$$

5.2.2. Evaluasi Tebal Perkerasan Menggunakan *KENPAVE* Dengan Permodelan Viskoelastik

Tebal perkerasan eksisting kemudian diolah menggunakan program *KENPAVE* untuk mengetahui besaran kerusakan.

1. Data yang diperlukan untuk analisis menggunakan *KENPAVE*

Berikut data dan hasil rekapan berdasarkan bahan setiap lapis perkerasan dapat dilihat pada Tabel 5.16 di bawah ini.

Tabel 5.17 Parameter Tiap Lapisan Perkerasan

<i>Surface</i> <i>AC-BC dan AC-WC</i>	Modulus Elastisitas (Mpa)	1200
	<i>Poisson's Rasio</i>	0,4
<i>Base</i>	Modulus Elastisitas (Mpa)	500
	<i>Poisson's Rasio</i>	0,2
<i>Sub base</i>	Modulus Elastisitas (Mpa)	124,9
	<i>Poisson's Rasio</i>	0,35
<i>Subgrade</i>	Modulus Elastisitas (Mpa)	150
	<i>Poisson's Ratio</i>	0,45

2. Analisis data menggunakan *KENPAVE*

Berikut tahapan dari analisis evaluasi tebal perkerasan dari Bina Marga 2017 menggunakan *KENPAVE* untuk perhitungan tegangan dan regangan perkerasan lentur. Piih menu *LAYERINP* kemudian *Input* data pada masing-masing *Toolbar*.

a. *General*

Langkah pertama yaitu isi nilai-nilai pada bagian menu *General* seperti Tabel 5.17 di bawah ini.

Tabel 5.18 Data Masukan Pada Menu *General*

Istilah	Nilai	Keterangan
<i>Title</i>	Eksisting Visco	Diisi sesuai kelompok tebal yang dimasukkan
<i>MATL</i>	3	Pada analisis lapis perkerasan adalah viskoelastik
<i>NDAMA</i>	0	Tidak ada analisis kerusakan
<i>NPY</i>	1	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NLG</i>	1	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>DEL</i>	0,001	Standar akurasi
<i>NL</i>	5	Jumlah lapisan perkerasaan pada analisis (<i>surface, base, sub base, subgrade</i>)

Lanjutan Tabel 5.17 Data Masukan Pada Menu *General*

<i>NZ</i>	5	Letak Koordinat arah Z yang dianalisis
<i>ICL</i>	80	Mengikuti <i>KENPAVE</i>
<i>NSDT</i>	9	Untuk vertikal <i>displacement</i> , nilai regangan dan tegangan
<i>NBOND</i>	1	Semua lapisan saling mengikat
<i>NLBT</i>	0	
<i>NLTC</i>	0	
<i>NUNIT</i>	1	Satuan yang digunakan adalah SI (Standar Internasional)

b. *Zcoord*

Jumlah titik tinjauan kerusakan diisi sesuai nilai NZ. Nilai NZ sebelumnya yaitu 5. Titik tinjau 1 merupakan titik dasar lapisan di bawah aspal, titik tersebut merupakan tinjauan untuk analisis kerusakan *Permanent Deformation* dan untuk analisis kerusakan *fatigue cracking* dan *rutting* ditinjau dari titik tinjau 2.

c. *Layer*

Pada menu layer parameter yang dimasukkan yaitu *Poisson's Ratio* setiap tebal lapisan data yang dimasukkan dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5.19 Data Masukan Pada Menu *Layer*

No. Layer	Thickness (cm)	Poisson's Ratio
1	4	0,4
2	13.5	0,4
3	15	0.35
4	15	0.35
5	∞	0.45

d. *Moduli*

Data masukan untuk menu *moduli* adalah modulus elastisitas pada setiap lapisan. Dari tebal yang didapat hasil perhitungan modulus setiap lapisannya dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5.20 Data Masukan Pada Menu *Moduli*

No.	Modulus Elastisitas (kPa)	Bahan
1	1100000	<i>AC – WC</i>
2	1200000	<i>AC – BC</i>
3	500000	<i>CTB</i>
4	124900	<i>LPA Kelas A</i>
5	150000	<i>Subgrade</i>

e. *Load*

Data masukan untuk menu *Load* rinciannya dapat dilihat pada Tabel 5.20 sebagai berikut.

Tabel 5.21 Data Masukan Pada Menu *Load*

Data No.	1	Grup
<i>Load</i>	1	<i>Singel axle load, roda gandar tunggal</i>
<i>CR</i>	11	Berdasarkan nilai jarak antar ban (cm)
<i>CP</i>	550	Nilai tekanan ban (kPa)
<i>YW</i>	33	Berdasarkan <i>Plan View of Multiple Wheels</i>
<i>XW</i>	0	Berdasarkan <i>Plan View of Multiple Wheels</i>
<i>NPT or NR</i>	3	Jumlah koordinat tinjauan

Sedangkan, untuk nilai *NPT* dilihat dari tinjauan titik koordinat yang pada jenis roda *Single axle with dual tires* dapat digambarkan seperti pada Gambar 3.4 pada ulasan bab sebelumnya.

f. *Viscoelastic*

Untuk data masukan pada menu *viscoelastic* dapat dilihat pada penjelasan berikut.

1) *General*

<i>Load Duration (DUR)</i>	= 0,1
<i>Number of viscoelastic</i>	= 3
<i>Number of time duration for creep compliances</i>	= 11

2) *Time*

Nilai waktu yang dimasukkan sesuai jumlah urutan yaitu 11 sesuai dengan nilai *input* pada *NYTME* di menu *Time* sebelumnya. Nilai waktu dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut.

Tabel 5.22 Time of Duration for Creep Compliance

<i>Sequence</i>	<i>Time (waktu)</i>
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*

Nilai *Beta* (β) = 0,113

Temperatur = 21°C

4) *Creep Compliance*

Pada menu *creep*, nilai-nilai angka *creep compliance* secara otomatis terisi pada menu ini. Untuk satuan pada menu ini telah dikonversikan otomatis ke satuan Kpa. Nilai creep compliance dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut ini.

Tabel 5.23 Nilai *Creep Compliances*

<i>Time</i>	<i>Creep</i>
0,001	$9,162 \times 10^{-7}$
0,003	$9,303 \times 10^{-7}$
0,01	$9,778 \times 10^{-7}$
0,03	$1,098 \times 10^{-6}$
0,1	$1,393 \times 10^{-6}$
0,3	$1,746 \times 10^{-6}$
1	$2,152 \times 10^{-6}$
3	$2,599 \times 10^{-6}$
10	$3,276 \times 10^{-6}$
30	$5,095 \times 10^{-6}$
100	$1,146 \times 10^{-5}$

(Sumber: Huang,2013)

5) *Temperature*

Pada menu *temperature* nilainya disamakan dengan menu *layer* yaitu 21°C.

Setelah data dimasukan maka selanjutnya disimpan dan kembali ke menu utama. Selanjutnya untuk melihat hasil dari analisis klik menu *KENAYER* tunggu beberapa saat hingga muncul hasil yang berbentuk file berformat '*.textdocument*'.

3. Hasil Analisis *KENLAYER*

Hasil *output* dari program *Kenlayer* yang berupa nilai tegangan dan regangan yang terjadi pada struktur perkerasan. Tabel 5.23 berikut merupakan *output* tegangan dan regangan ketika struktur perkerasan telah dibebani berdasarkan koordinat yang telah ditinjau.

Tabel 5.24 Hasil Analisis dengan Permodelan Viskoelastik

Pengulangan Beban	<i>Vertical Strain</i> pada kedalaman 9,9997 cm	<i>Horizontal Strain</i> pada kedalaman 9,9997 cm	<i>Vertical Strain</i> pada kedalaman 52,0003 cm
1	0,00019	0,0003495	0,0001996
2	0,0001683	0,0001774	0,0002167
3	0,0001454	0,00005568	0,0002198
Maksimum	0,00019	0,0003495	0,0002198

Dari tabel di atas diperoleh nilai regangan pada lapis di bawah permukaan perkerasan lentur atau *HMA* sebesar **0,00019** untuk analisa kerusakan jenis *fatigue cracking*. Untuk analisa kerusakan jenis *rutting* dan *permanent deformation* masing-masing nilainya sebesar **0,0003495** dan **0,0002198**.

Menggunakan Persamaan 3.5 hingga Persamaan 3.7 perhitungan jumlah repetisi beban untuk mendapatkan nilai kerusakan *fatigue cracking*, *rutting* dan *permanent deformation* pada perkerasan eksisting berikut perhitungannya.

- a. Perhitungan nilai N_f untuk kontrol kerusakan *fatigue cracking*

$$N_f = 0,0796 (\epsilon_t)^{-3,921} | E |^{-0,854}$$

$$N_f = 0,0796 (0,00019)^{-3,921} | 1200000 |^{-0,854}$$

$$N_f = 199.663.837,67 \text{ ESAL}$$

- b. Perhitungan nilai N_d untuk kontrol kerusakan *rutting*

$$N_d = f_4 (\epsilon)^{-f_5}$$

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} \times (0,0003495)^{-4,477}$$

$$N_d = 4.074.925,06 \text{ ESAL}$$

- c. Perhitungan nilai N_d untuk kontrol kerusakan *permanent deformation*

$$Nd = f_4(\epsilon)^{-f_5}$$

$$Nd = 1,365 \times 10^{-9} \times (0,0002198)^{-4,477}$$

$$Nd = 32.499.351,26 \text{ ESAL}$$

5.2.3. Umur Sisa Pelayanan Jalan Menggunakan Permodelan Elastik

Dari analisis program *kenpave* didapatkan nilai – nilai kerusakan yang terjadi setelah dilalui beban seperti kerusakan *fatigue cracking* sebesar 193.998.317 ESAL, untuk kerusakan *rutting* sebesar 4.122.237 ESAL dan kerusakan *permanent deformation* sebesar 36.101.112 ESAL. Kerusakan *rutting* memiliki nilai yang paling kecil artinya jenis kerusakan ini yang pertama kali terjadi. Selanjutnya menghitung nilai umur perkerasan pertahun selama umur rencana dengan Persamaan 3.8 Berikut uraian dari perhitungannya.

$$\begin{aligned} RL_{\text{Fatigue}} &= 100 \times \left(1 - \frac{Np}{N_{1,5}}\right) \\ &= 100 \times \left(1 - \frac{580.005,14}{193.998.317}\right) \\ &= 99,70\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} RL_{\text{Rutting}} &= 100 \times \left(1 - \frac{Np}{N_{1,5}}\right) \\ &= 100 \times \left(1 - \frac{580.005,14}{4.122.237}\right) \\ &= 85,93\% \end{aligned}$$

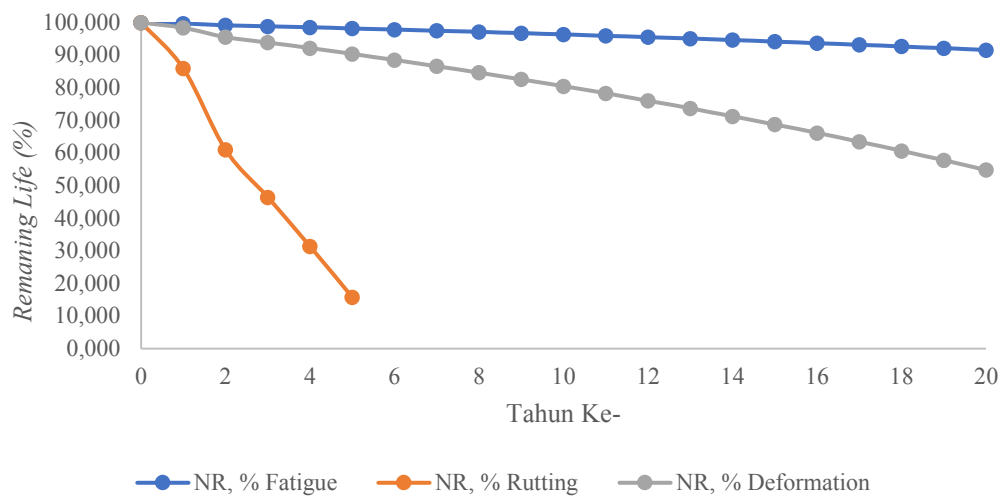
$$\begin{aligned} RL_{\text{Deform}} &= 100 \times \left(1 - \frac{Np}{N_{1,5}}\right) \\ &= 100 \times \left(1 - \frac{580.005,14}{36.101.112}\right) \\ &= 98,39\% \end{aligned}$$

dengan :

Np = Nilai lalu lintas pertahun

$N_{1,5}$ = Nilai repitisi beban

Dari perhitungan di atas dapat dilihat pada Gambar 5.5 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Umur Rencana di bawah ini.



Gambar 5.5 Umur Sisa Perkerasaan Eksisting Permodelan Elastik

Dari hasil tersebut dapat dilihat umur sisa layan pada perkerasaan Eksisting menggunakan permodelan elastik yakni pada tahun ke- 20 kerusakan *fatigue cracking* sebesar 91,59%. Umur sisa layan pada perkerasaan untuk kerusakan *permanent deformation* sebesar 54,81%. Sedangkan pada kerusakan *rutting* mengalami kerusakan pada tahun ke-5 sebesar 15,76% hingga pada tahun ke- 6 mengalami kerusakan *rutting*. Hasil tersebut dapat dikatakan bahwa tebal perkerasaan tersebut tidak mampu menahan beban selama umur rencana yaitu 20 tahun.

5.2.4. Umur Sisa Layan Perkerasaan menggunakan Permodelan Viscoelastic

Dari analisis program *kenpave* didapatkan nilai – nilai kerusakan yang terjadi setelah di lalui beban seperti kerusakan *fatigue cracking* sebesar 199.663.837 ESAL, untuk kerusakan *rutting* sebesar 4.074.925 ESAL dan kerusakan *permanent deformation* sebesar 32.499.351 ESAL. Kerusakan *rutting* memiliki nilai yang paling kecil artinya jenis kerusakan inilah yang pertama kali mengalami kerusakan. Maka dari itu kita menghitung nilai umur perkerasaan pertahun selama umur rencana dengan Persamaan 3.8. Berikut uraian dari perhitungannya.

$$\begin{aligned}
 RL_{\text{Fatigue}} &= 100 \times \left(1 - \frac{Np}{N_{1,5}}\right) \\
 &= 100 \times \left(1 - \frac{580.005,14}{199.663.837}\right) \\
 &= 99,84\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 RL_{\text{Rutting}} &= 100 \times \left(1 - \frac{Np}{N_{1,5}}\right) \\
 &= 100 \times \left(1 - \frac{580.005,14}{4.074.925}\right) \\
 &= 97,32\%
 \end{aligned}$$

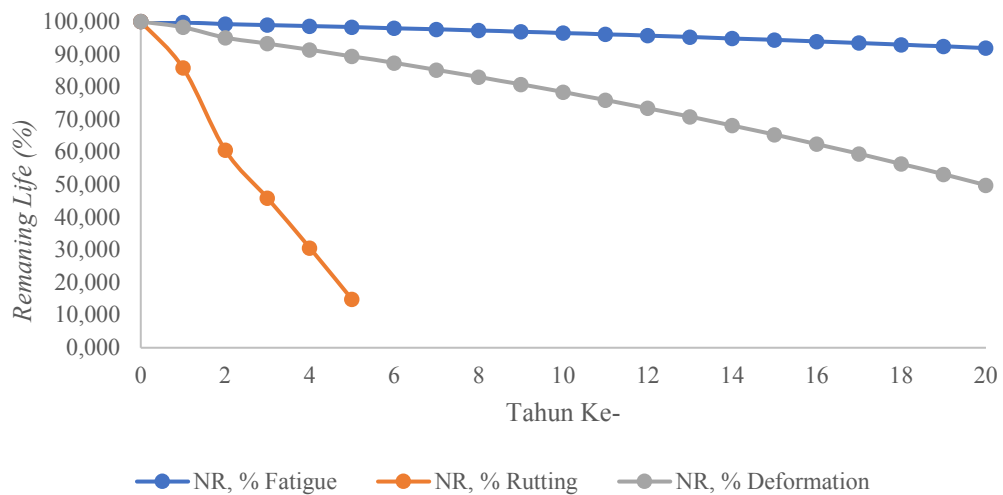
$$\begin{aligned}
 RL_{\text{Deform}} &= 100 \times \left(1 - \frac{Np}{N_{1,5}}\right) \\
 &= 100 \times \left(1 - \frac{580.005,14}{32.499.351}\right) \\
 &= 75,26\%
 \end{aligned}$$

dengan :

Np = Nilai lalu lintas pertahun

$N_{1,5}$ = Nilai repitisi beban

Dari perhitungan diatas dapat dilihat pada Gambar 5.6 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Umur Rencana di bawah ini



Gambar 5.6 Umur Sisa Perkerasan Eksisting Permodelan Viskoelastik

Dari hasil tersebut dapat dilihat Umur sisa layan pada perkerasan Eksisting menggunakan permodelan viscoelastik yakni pada tahun ke- 20 kerusakan *fatigue*

cracking sebesar 91,82%. Umur sisa layan pada perkerasan untuk kerusakan *permanent deformation* sebesar 49,79%. Sedangkan pada kerusakan *rutting* mengalami kerusakan pada tahun ke-5 sebesar 14,78% hingga pada tahun ke-6 mengalami kerusakan *rutting*. Hasil tersebut dapat dikatakan bahwa tebal perkerasan tersebut tidak mampu menahan beban selama umur rencana yaitu 20 tahun.

5.3. Pembahasan

Setelah dilakukannya analisis pada desain perkerasan lentur Simpang Pundu – Tumbang Samba dengan menggunakan metode mekanistik empiris, didapatkan hasil sebagai berikut.

1. Desain perkerasan lentur Simpang Pundu – Tumbang Samba yang dilakukan dengan menggunakan metode mekanistik empiris yakni Manual Desain Perkerasaan Jalan Nasional 2017
2. Nilai tegangan dan regangan perkerasan Eksisting dan Bina Marga 2017 dari struktur perkerasaan Simpang Pundu – Tumbang Samba menggunakan Program *KENPAVE* dengan menggunakan permodelan Elastik dan Viskoelastik.
3. Perbandingan umur sisa layan pada struktur perkerasaan eksisting dan alternatif.

5.3.1. Desain Perkerasaan Lentur Ruas Jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasaan Jalan Nasional 2017

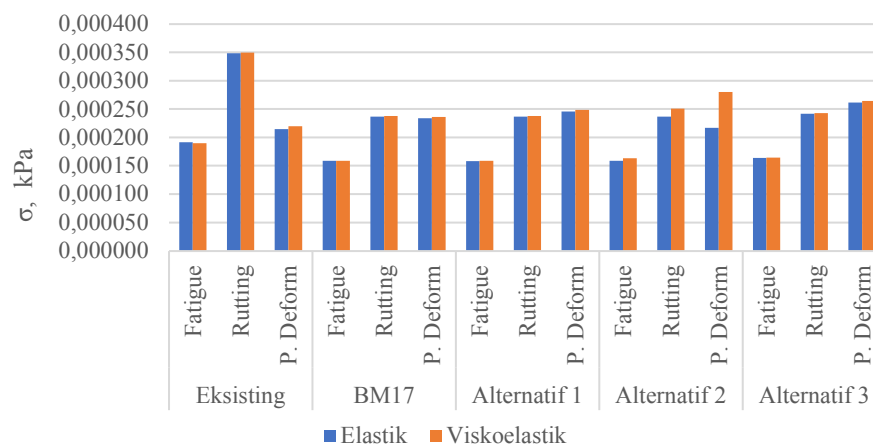
Ruas jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba berdasarkan data yang didapat dari Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Kalimantan Tengah, tebal perkerasan eksisting pada jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba adalah sebagai berikut.

<i>AC – WC</i>	= 40 mm
<i>AC – BC</i>	= 60 mm
<i>Cement Treatment Base</i>	= 270 mm
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	= 150 mm

Perencanaan tebal lapis perkerasan metode Bina Marga 2017 menggunakan data LHR, CBR, faktor distribusi jalur, faktor distribusi arah, Nilai *VDF*. Dari analisis berdasarkan prosedur menurut pedoman Manual Desain Perkerasan diperoleh hasil tebal perkerasan total yaitu 47,5 cm dengan lapis permukaan *AC-WC* setebal 4 cm, *AC-BC* setebal 6 cm, *AC-Base* setebal 7,5 cm. Lapis Pondasi Atas Menggunakan *CTB* sebesar 15 cm, lapis pondasi bawah menggunakan (LPA kelas A) sebesar 15 cm.

5.3.2. Tegangan dan Regangan yang Terjadi Dibantu Dengan Program *KENPAVE* Menggunakan Pendekatan Elastik dan Viskoelastik

Tebal perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2017 yang telah dihitung sebelumnya kemudian dievaluasi menggunakan program *kenpave* dengan pendekatan elastik dan viscoelastik seperti evaluasi tebal perkerasan eksisting pada Subbab 5.2.2 sebelumnya. Sehingga didapatkan nilai tegangan dan regangan yang menghasilkan nilai kontrol kerusakan *Fatigue Cracking*, *Rutting* dan *Permanent deformation* yang dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut ini.

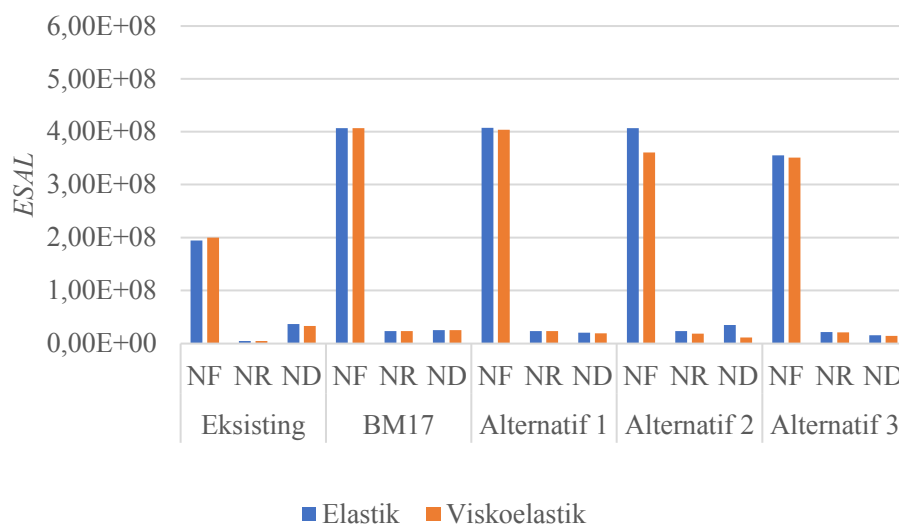


Gambar 5.7 Tegangan-regangan Maksimum Pada Struktur Perkerasan

Untuk nilai tegangan pada metode Bina marga 2017 dan Alternatif dengan pengurangan tebal lapis pondasi menyebabkan nilai tegangan semakin besar hali ini sebanding dengan hasil penelitian dari (Sunenth & Kushari, 2016) yang mana

pengaruh penambahan tebal lapis pondasi mempengaruhi nilai tegangan pada struktur lapis perkerasan.

Nilai tegangan dan regangan yang dihasilkan menggunakan metode mekanistik-empiris mengacu pada sifat-sifat fisik perkerasan yaitu tebal perkerasan, modulus elastisitas, *poisson rasio*, serta faktor lingkungan. Kemudian dapat dilihat nilai repitisi beban pada Gambar 5.8 di bawah ini.



Gambar 5.8 Nilai Repitisi Beban Maksimum Pada Perkerasan

Hasil dari perhitungan menggunakan persamaan dapat dilihat bahwa perkerasan eksisting permodelan elastik mampu mengakomodasi beban sebesar 193.998.317 *ESAL* hingga terjadi kerusakan *fatigue cracking*, 4.122.237 *ESAL* sampai terjadi kerusakan *rutting*, 36.101.112 *ESAL* sampai terjadi kerusakan *permanent deformation*. Untuk hasil perhitungan menggunakan permodelan viskoelastik mampu menaakomodasi beban sebesar 199.663.837 *ESAL* hingga terjadi kerusakan *fatigue cracking*, 4.074.925 *ESAL* sampai terjadi kerusakan *rutting*, 32.499.351 *ESAL* sampai terjadi kerusakan *permanent deformation*.

Untuk perkerasan lentur hasil desain menggunakan metode Bina Marga 2017 didapatkan nilai yang dapat mengakomodasi beban sebesar 193.998.317 *ESAL* hingga terjadi kerusakan *fatigue cracking*, 4.122.237 *ESAL* sampai terjadi kerusakan *rutting*, 36.101.112 *ESAL* sampai terjadi kerusakan *permanent*

deformation. Untuk hasil perhitungan menggunakan permodelan viskoelastik mampu menakomodasi beban sebesar 199.663.837 *ESAL* hingga terjadi kerusakan *fatigue cracking*, 4.074.925 *ESAL* sampai terjadi kerusakan *rutting*, 32.499.351 *ESAL* sampai terjadi kerusakan *permanent deformation*.

5.3.3. Perbandingan umur sisa layan perkerasan

Setelah mengetahui kemampuan struktur perkerasan lentur dalam menahan beban, pada penelitian ini dapat kita lihat umur sisa layan perkerasan pada setiap desain alternatif maupun perkerasan eksisting.

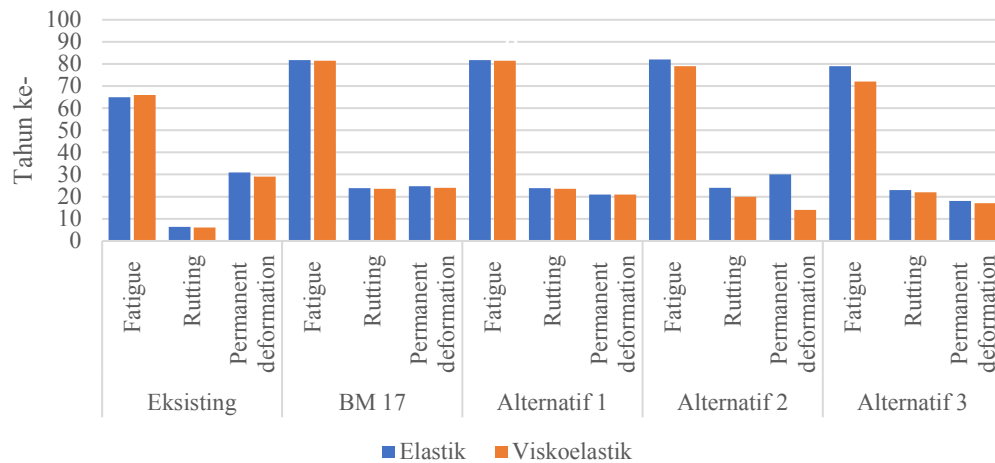
Dari masing-masing tebal perkerasaan Bina Marga 2017 dan alternatif didapatkan juga hasil umur masa layan yang perhitungannya seperti pada subbab 5.2.2 sebelumnya dapat dilihat pada rekapitulasi pada Tabel 5.24 berikut.

Tabel 5.25 Rekapitulasi Nilai Umur Sisa Layan

Tebal Perkerasan	Fatigue, (Tahun)		Rutting, (Tahun)		Permanent Deformation, (Tahun)	
	Elastik	Viskoelastik	Elastik	Viskoelastik	Elastik	Viskoelastik
Eksisting	65	66	6	6	31	29
Bina Marga 2017	82	81	4	24	25	24
Alternatif 1	82	81	24	24	21	21
Alternatif 2	82	79	24	20	30	14
Alternatif 3	79	72	23	22	18	17

Dapat dilihat nilai umur sisa pada perkerasan eksisting dengan menggunakan permodelan elastik terjadi kerusakan berurutan yaitu *rutting* pada tahun ke – 6, kerusakan *permanent deformation* pada tahun ke- 31, *fatigue cracking* pada tahun ke- 64. Umur sisa layan pada perkerasan eksisting dengan menggunakan permodelan viskoelastik terjadi kerusakan berurutan yaitu *rutting* pada tahun ke- 6, *permanent deformation* pada tahun ke- 29, *fatigue cracking* pada tahun ke- 66. Sedangkan dari hasil analisis umur sisa layan dari desain ulang perkerasan dengan metode Bina Marga 2017 dan dilakukannya pengurangan tebal lapis pondasi pada Alternatif 1, Alternatif 2 serta Alternatif 3 terlihat nilai umur

sisanya lebih besar dibandingkan dengan perkerasan Eksisting. Serta tebal lapis perkerasan Bina Marga 2017 dan Alternatif 1 memiliki umur layan ≥ 20 tahun dibandingkan Alternatif 2 dan Alternatif 3. Adapun hasil grafik dari perbandingan umur sisa layan perkerasan dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut.



Gambar 5.9 Perbandingan Umur Sisa Pada Masing-masing Perkerasan



BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis perkerasan eksisting serta perkerasan alternatif Bina marga 2017 pada ruas jalan Simpang Pundu – Tumbang Samba dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Tebal lapis perkerasan dengan menggunakan metode Bina Marga 2017 diperoleh tebal lapis permukaan *AC-WC* sebesar 4 cm dan lapis *AC-BC* sebesar 13,5 cm. Tebal lapis pondasi atas *CTB* dengan tebal 15 cm dan untuk lapis pondasi bawah LPA kelas A dengan tebal 15 cm.
2. Nilai tegangan dan regangan permodelan elastik penyebab kerusakan berupa *fatigue cracking* terjadi sebesar 0,0001585 pada kedalaman 17,499 cm (di bawah lapisan permukaan atau *HMA*). Pada kedalaman yang sama nilai tegangan dan regangan penyebab kerusakan berupa *rutting* sebesar 0,0002367. Pada kedalaman 47,5003 nilai tegangan dan regangan penyebab kerusakan *permanent deformation* sebesar 0,0002335. Sedangkan nilai tegangan dan regangan dengan permodelan viskoelastik pada kedalaman 17,4997 penyebab kerusakan *fatigue cracking* terjadi sebesar 0,000165 dan kerusakan *rutting* sebesar 0,000251. Serta penyebab kerusakan permanent deformation pada Bahan viskoelastik adalah zat polimer yang menunjukkan sifat kental dan elastis selama deformasi bahan. Properti ini dinamai viskoelastisitas. Umumnya, zat kental seperti air menahan aliran geser dan regangan secara linier dengan waktu ketika kita menerapkan tegangan. Di sisi lain, zat elastis, saat diregangkan, kembali ke keadaan semula setelah tekanan dihilangkan. Oleh karena itu, dapat diamati bahwa material viskoelastik memiliki kedua sifat ini. Selain itu, bahan ini menunjukkan regangan yang bergantung pada waktu. Secara umum, elastisitas adalah hasil dari ikatan yang meregang sepanjang bidang kristalografi dalam suatu padatan yang teratur, sedangkan viskositas adalah hasil dari difusi atom atau molekul di dalam suatu bahan amorf.

3. Ketika membandingkan zat elastis dan zat viskoelastik, zat viskoelastik memiliki komponen kental dan elastik, dan viskositas zat ini memberikan laju regangan yang bergantung pada waktu. Selain itu, bahan elastis murni tidak menghilangkan energi saat beban diterapkan dan dihilangkan, tetapi zat viskoelastik
4. kedalaman 47,5003 nilai tegangan dan regangan sebesar 0,000446.
5. Tebal minimum yang dapat menahan beban selama umur pelayanan cukup dengan tebal dengan desain alternatif 1 dengan tebal permukaan 17,5 cm, lapis pondasi atas sebesar 15 cm dan lapis pondasi bawah sebesar 13 cm.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil yang didapat dalam penelitian ini, dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan perhitungan tebal perkerasan dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh negara lain.
2. Perlu adanya perhitungan perbandingan berdasarkan biaya dari hasil tebal perkerasan yang direncanakan dan metode mana yang lebih efisien dan efektif.

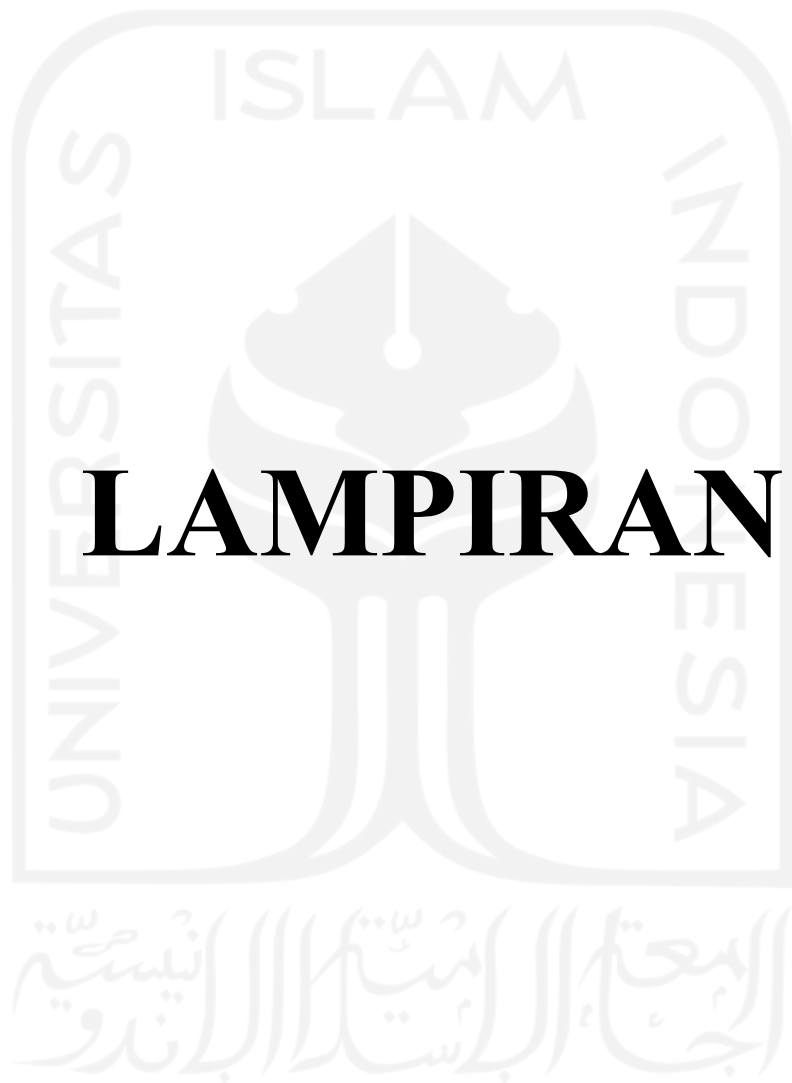
DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jendral Bina Marga. (2017). *Manual Desain Perkerasan jalan Nomor 04/SE/Db/2017*. Jakarta.
- Fadhlan, K. (2013). Evaluasi Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode Bina Marga Pt T-01-2002-B dengan Menggunakan Program KENPAVE. (Online). (Jurnal.usu.ac.id/index.php/jts. Diakses 11 oktober 2018). *Jurnal Teknik Sipil USU, 02, No. 02*.
- Fauziah, M., & Ramadhani, R. I. (2018). Evaluasi Desain Struktur Perkerasan Lentur Dengan Metode Bina Marga 2013 dan Metode Mekanistik-Empirik Menggunakan Program KENPAVE Pada Ruas Jalan Jogja-Solo. *Prosiding CEES 2018, 127-132*.
- Hardiyatmo, H. C. (2009). *Pemeliharaan Jalan Raya*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Huang, Y. H. (2004). *Pavement Analysis and Design, 2nd*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education.
- Muliasari, A., & Lukiana. (2013). Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Berdasarkan Nilai CBR (California Bearing Ratio) dan ESWL (Equivalent Single Wheel Load) Pesawat Rencana Pada Perencanaan Pembangunan Bandar Udara Baru di Karawang. *Perhubungan Udara, 181-191*.
- Muliasari, A., & Lukiana. (2013). Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Berdasarkan Nilai CBR (California Bearing Ratio) dan ESWL (Equivalent Single Wheel Load) Pesawat Rencana Pada Perencanaan Pembangunan Bandar Udara Baru di Karawang. *WARTA ARDHIA, Perhubungan Udara, 181-191*.
- NCHRP, (2004). Laboratory Determination of Resilient Modulus for Flexible Pavement Design. *Transportation Research Board of National Academies, 1-28A*
- Purnaningrum, K. N., & Kushari, B. (2018). Perbandingan Desain Tebal Lapis Tambah Dengan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 Menggunakan Data Lendutan. *Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan*.
- Setiawan, I. B., Rahmawati, A., & Setiawan M, D. (2018). Perbandingan Tebal dan Analisis Kerusakan Perkerasan Lentur Menggunakan Program KENPAVE dan Metode Asphalt Institute. *Semesta Teknika Vol. 21, No.2, 106-113*.
- Sukirman, S. (1992). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: NOVA.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya (Vol. 2)*. Bandung: Nova.
- Sunenth, D. N., & Kushari, B. (2018). Studi Pengaruh Tebal Lapis dan Modulus Elastisitas Terhadap Respon Struktur Perkerasan Lentur dan Kapasitas Beban Replitisi. *Prosiding Kolokium FTSP UII*.
- Widiastuti, A. P. (2018). Analisis Perbandingan Desain Struktur Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Empiris dan Metode Mekanistik Empiris Pada Ruas Jalan

LEGUNDI-KENIGORO-PLANJAN. *TUGAS AKHIR, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.*

Yoder, E. J., & Witzak, M. W. (1991). *Principles of Pavement Design*. John Wiley & Son.





LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Lalu Lintas Ruas Simpang Pundu – Tumbang Samba

DATA VOLUME LALU LINTAS (TOTAL 2 ARAH)

Kode : Ketingan
 Ruas / KM Po : 018 / Simpang Pundu – Tumbang Samba
 Arah : Total 2 Arah
 Koordinat Pori : 0

Tgl/Bln Thn : 9 Oktober 2019
 Hari *) : Rabu
 Nama Surveyor :
 Tipe Jalan :

Waktu	JENIS 1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8	JUMLAH	MBT (MOBIL, BUS)	TRUK	
	Sepeda Motor	Sedan, jeep dan	Opak, pick-up, pick-up	Pick-up, mikro	Bus kecil	Bus besar	Truck 2 Sumbu	Truck 2 Sumbu	Truck 3 Sumbu	Truck 3 Sumbu	Truck sand	Kendaraan tidak bermotor				
00.00-01.00	14	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	16	9
01.00-02.00	5	3	0	2	0	0	0	0	11	0	0	0	0	21	16	11
02.00-03.00	5	2	0	1	0	0	0	0	14	0	0	0	0	22	17	14
03.00-04.00	4	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	18	14	14
04.00-05.00	15	3	0	2	0	0	0	0	12	0	0	0	0	32	17	12
05.00-06.00	17	3	0	2	0	0	0	0	11	0	0	0	0	33	16	11
06.00-07.00	85	15	0	10	1	0	0	0	39	0	0	0	0	150	65	39
07.00-08.00	111	20	0	13	0	0	0	1	45	1	0	0	0	131	80	47
08.00-09.00	136	11	1	10	0	0	0	0	38	0	0	0	0	154	80	38
09.00-10.00	162	12	1	15	0	0	0	0	32	0	0	0	0	195	80	32
10.00-11.00	189	15	1	8	0	0	0	0	31	0	0	0	0	222	80	31
11.00-12.00	147	16	1	8	0	0	0	0	23	0	0	0	0	244	75	23
12.00-13.00	164	23	1	13	0	0	0	0	38	0	0	0	0	252	75	38
13.00-14.00	136	26	0	12	0	0	0	0	28	0	0	0	0	239	75	28
14.00-15.00	139	26	1	24	0	0	0	1	23	0	0	0	0	204	68	23
15.00-16.00	193	33	0	11	0	0	0	0	29	0	0	0	0	217	77	29
16.00-17.00	201	42	1	21	0	0	0	0	29	0	0	0	0	265	72	29
17.00-18.00	181	15	1	22	0	0	0	0	35	1	0	0	0	301	100	30
18.00-19.00	163	13	0	10	0	0	0	0	18	0	0	0	0	242	96	18
19.00-20.00	109	18	0	10	0	0	0	0	26	0	0	0	0	220	55	26
20.00-21.00	105	18	0	13	0	0	0	0	19	1	0	0	0	154	48	19
21.00-22.00	97	20	0	13	0	0	0	0	16	0	0	0	0	150	44	16
22.00-23.00	77	15	0	7	0	0	0	0	16	0	0	0	0	148	51	16
23.00-24.00	53	13	0	5	0	0	0	0	19	0	0	0	0	118	41	19
Min	4	0	0	0	0	0	0	0	8	3	0	0	0	83	30	11
Max	201	42	1	24	1	0	1	45	3	0	0	0	0	18	14	9
Rata-rata	105	15	0	10	0	0	0	0	23	0	0	0	0	154	50	24
Total	2510	365	9	243	1	0	2	962	6	0	0	0	0	3702	1188	570

Lampiran 1. Data Lalu Lintas Ruas Simpang Pundu – Tumbang Samba

DATA VOLUME LALU LINTAS (TOTAL 2 ARAH)

Kota : Katingan
 Rute : KM Po : 018 / Simpang Pundu - Tumbang Samba
 Arah : Total 2 Arah
 Koordinat Pori : 0
 Tanggal Tin : 18 Oktober 2019
 Hari : Kamis
 Nama Surveyor :
 Tipe Jalan :

Waktu	JENIS KENDARAAN													MET (MOTOR, BUS, TRUK)	TRUK	
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8				
	Bipede Motor	Sedan, jeep dan station wagon	Ojek, sepeda motor, subaru, mobil	Pick-up, truck, bus, truck side mobil	Bus kecil	Motowheel	Truck 3 Sumbu (4 Road)	Truck 3 Sumbu (6 Road)	Truck 3 Sumbu	Truck 3 Sumbu	Truck Gajah	Truck Inliner	Kendaraan lain bermotor	JMLAH		
00.00 - 01.00	29	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01.00 - 02.00	13	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02.00 - 03.00	13	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03.00 - 04.00	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04.00 - 05.00	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05.00 - 06.00	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06.00 - 07.00	82	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07.00 - 08.00	156	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08.00 - 09.00	166	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09.00 - 10.00	125	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.00 - 11.00	165	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.00 - 12.00	209	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.00 - 13.00	147	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.00 - 14.00	142	25	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.00 - 15.00	165	26	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.00 - 16.00	167	29	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16.00 - 17.00	163	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.00 - 18.00	156	32	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.00 - 19.00	118	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.00 - 20.00	118	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.00 - 21.00	122	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.00 - 22.00	115	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.00 - 23.00	79	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.00 - 24.00	51	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	209	26	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Min	106	13	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rata-rata	254,3	32,3	1,7	2,4	2	0	2	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0
Total														3195	1243	627



Lampiran 1. Data Lalu Lintas Ruas Simpang Pundu – Tumbang Samba

DATA VOLUME LALU LINTAS (TOTAL 2 ARAH)

Kota : Kabintan
 Ruas / KM Po : 018 / Simpang Pundu - Tumbang Samba
 Arah : Total 2 Arah
 Koordinat Poi : 0

Tgl/Bln Thn : 11 Oktober 2019
 Hari : Jumat
 Nama Surveyor :
 Tipe Jalan :

Waktu	JENIS				3 Opel. pick-up	4 Pick-up, micro	5a Bus kecil	5b Bus besar	6a Truck 2 Sumbu	6b Truck 2 Sumbu	7a Truck 3 Sumbu	7b Truck Ganda	7c Truck seml	B Kendaraan tidak bermotor	Jumlah	MBT (MOBIL, BUS,	TRUK
	1 Sepeda Motor	2 Sedan, jeep dan pick-up															
00.00 - 01.00	16	10	0	3	0	0	0	0	9	1	0	0	0	0	39	23	10
01.00 - 02.00	10	6	0	1	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	27	17	10
02.00 - 03.00	8	6	0	1	0	0	0	0	12	1	0	0	0	0	28	20	13
03.00 - 04.00	4	1	0	1	0	0	0	0	14	1	0	0	0	0	21	17	15
04.00 - 05.00	17	4	0	4	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	34	17	9
05.00 - 06.00	20	1	0	3	1	0	0	0	10	0	0	0	0	1	38	15	10
06.00 - 07.00	77	14	0	9	1	0	0	0	36	0	0	0	0	0	140	63	30
07.00 - 08.00	85	14	0	14	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	152	67	30
08.00 - 09.00	123	12	1	11	0	0	0	0	38	0	0	0	0	0	185	62	38
09.00 - 10.00	159	14	1	16	0	0	0	1	33	0	0	0	0	0	224	65	34
10.00 - 11.00	191	17	2	13	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	258	67	36
11.00 - 12.00	147	14	1	15	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	210	63	33
12.00 - 13.00	176	25	2	14	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	259	83	42
13.00 - 14.00	142	32	0	11	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0	216	74	31
14.00 - 15.00	139	20	1	21	0	0	0	1	30	0	0	0	0	0	212	73	31
15.00 - 16.00	202	30	0	12	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	279	77	36
16.00 - 17.00	200	37	1	17	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	294	94	36
17.00 - 18.00	178	13	1	23	1	0	0	1	25	0	0	0	0	0	242	64	26
18.00 - 19.00	169	11	0	16	0	0	0	1	32	0	0	0	0	0	229	60	33
19.00 - 20.00	111	14	1	12	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	154	43	16
20.00 - 21.00	116	13	2	14	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	165	49	20
21.00 - 22.00	101	20	1	13	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	151	50	19
22.00 - 23.00	99	14	1	6	0	0	0	1	16	0	0	0	0	0	137	38	17
23.00 - 24.00	53	12	1	2	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	78	25	10
Min	4	1	0	1	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	21	15	9
Max	202	37	2	23	1	0	0	1	42	1	0	0	0	0	294	94	42
Rata-rata	106	15	1	11	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	157	51	26
Total	2543	354	16	252	3	0	5	591	5	0	0	0	0	0	3770	1226	601

Lampiran 1. Data Lalu Lintas Ruas Simpang Pundu – Tumbang Samba

DATA VOLUME LALU LINTAS (TOTAL 2 ARAH)

Kota : Katingan
 Ruas / KM Po : 01B / Simpang Pundu - Tumbang Samba
 Arah : Total 2 Arah
 Koordinat Pst : 0

Tgl/Bln Thn : 12 Oktober 2019
 Hari *) : Sabtu
 Nama Surveyor :
 Tipe Jalan :

Waktu	JENIS		2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	B	JUNILAH	MBT (MOBIL, BUS,	TRUK
	1	JENIS														
00.00 - 01.00	Sepeda Motor	Sedan, jeep dan pick-up	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	28	16	0
01.00 - 02.00	10	6	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	23	13	4
02.00 - 03.00	8	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	13	5
03.00 - 04.00	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	8	6
04.00 - 05.00	11	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	15	11
05.00 - 06.00	13	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	18	11
06.00 - 07.00	74	12	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	129	55	35
07.00 - 08.00	115	18	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	177	62	32
08.00 - 09.00	139	12	1	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	197	58	34
09.00 - 10.00	159	13	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	216	57	31
10.00 - 11.00	181	15	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	230	49	24
11.00 - 12.00	138	14	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	202	64	38
12.00 - 13.00	154	22	2	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	229	75	40
13.00 - 14.00	125	28	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	203	78	36
14.00 - 15.00	142	31	1	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	242	98	38
15.00 - 16.00	186	22	1	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	262	78	34
16.00 - 17.00	187	47	1	25	1	0	0	0	0	0	0	0	0	306	119	45
17.00 - 18.00	178	25	1	27	1	0	0	0	0	0	0	0	0	259	81	27
18.00 - 19.00	161	11	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	228	67	34
19.00 - 20.00	116	10	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	48	24
20.00 - 21.00	108	10	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151	43	22
21.00 - 22.00	116	13	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	44	21
22.00 - 23.00	84	10	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124	40	22
23.00 - 24.00	65	9	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	23	10
Min	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	8	5
Max	187	47	2	27	1	1	1	1	1	44	2	0	0	306	119	45
Rata-rata	104	14	0	11	0	0	0	0	0	24	0	0	0	154	51	25
Total	2485	346	11	262	5	1	3	555	7	0	0	0	0	3707	1220	595

Lampiran 1. Data Lalu Lintas Ruas Simpang Pundu – Tumbang Samba

DATA VOLUME LALU LINTAS (TOTAL 2 ARAH)

Kota : Kutaijen
 Ruas / KM Po - 018 / Simpang Pundu - Tumbang Samba
 Arah : Total 2 Arah
 Koordinat Pori : 0
 Tanggal Tinjau : 13 Oktober 2019
 Hari : Minggu
 Nama Surveyor :
 Tipe Jalan :

Waktu	JENIS KENDARAAN											Jumlah	MOBIL (MOBIL, BUS, TRUK)	TRUK		
	1 Sepeda Motor	2 Sedan, station wagon	3 Opel, pick-up, opel, subaru	4 Pick-up, mikro, truk dan mobil handalan	5a Bus kecil	5b Bus besar	6a Truck 2 Sumbu (4 Roda)	6b Truck 2 Sumbu (6 Roda)	7a Truck 3 Sumbu	7b Truck Dengan G	7c Truck semi trailer				8 Kendaraan tidak bermotor	
00.00 - 01.00	19	3	0	1	0	0	0	12	0	0	0	0	0	35	16	12
01.00 - 02.00	11	5	0	2	0	0	0	13	1	0	0	0	0	32	21	14
02.00 - 03.00	16	3	0	2	0	0	0	11	0	0	0	0	0	32	15	11
03.00 - 04.00	8	5	0	1	0	0	0	14	0	0	0	0	0	28	20	14
04.00 - 05.00	8	3	0	1	0	0	0	14	0	0	0	0	0	28	15	14
05.00 - 06.00	8	4	1	4	0	0	0	19	1	0	0	0	0	38	26	20
06.00 - 07.00	90	13	2	8	0	0	0	37	0	0	2	0	0	182	69	50
07.00 - 08.00	126	13	1	12	1	0	0	45	0	0	0	0	0	182	69	50
08.00 - 09.00	154	15	2	11	0	0	0	43	1	0	0	0	0	239	72	45
09.00 - 10.00	141	16	0	9	0	0	0	39	0	0	0	0	0	205	64	36
10.00 - 11.00	163	14	2	9	0	0	0	39	0	0	0	0	0	227	64	39
11.00 - 12.00	178	19	0	8	0	0	0	36	1	0	0	0	0	227	61	31
12.00 - 13.00	148	15	0	19	0	0	0	32	1	0	0	0	0	204	67	30
13.00 - 14.00	142	20	0	19	0	0	0	28	1	0	0	0	0	204	67	30
14.00 - 15.00	165	25	2	13	0	0	0	34	1	0	0	0	0	210	95	39
15.00 - 16.00	183	27	1	24	0	0	0	42	0	0	0	0	0	241	95	42
16.00 - 17.00	196	31	0	17	0	0	0	34	0	0	0	0	0	277	94	42
17.00 - 18.00	173	18	1	21	0	0	0	22	1	0	0	0	0	206	84	36
18.00 - 19.00	152	24	0	24	0	0	0	17	0	0	0	0	0	206	83	36
19.00 - 20.00	119	21	0	10	0	0	0	19	2	0	0	0	0	171	65	21
20.00 - 21.00	116	20	0	10	0	0	0	13	0	0	0	0	0	159	43	13
21.00 - 22.00	84	15	0	13	0	0	0	10	0	0	0	0	0	122	38	10
22.00 - 23.00	60	12	0	9	0	0	0	10	0	0	0	0	0	91	31	10
23.00 - 24.00	42	6	0	7	0	0	0	10	0	0	0	0	0	65	23	10
Min	8	3	0	1	0	0	0	10	0	0	0	0	0	26	16	10
Max	196	31	2	24	1	0	0	45	2	0	0	0	0	280	94	48
Rata-rata	104	14	1	11	0	0	0	35	0	0	0	0	0	155	51	25
Total	2502	344	12	264	1	0	2	553	10	0	0	0	0	3723	1216	695

Lampiran 1. Data Lalu Lintas Ruas Simpang Pundu – Tumbang Samba

DATA VOLUME LALU LINTAS (TOTAL 2 ARAH)

Kota : Kaltengan
 Ruas / KM Po : 018 / Simpang Pundu - Tumbang Samba
 Arah : Total 2 Arah
 Koordinat Pst : 0

Tgl Bin Tin : 14 Oktober 2019
 Hari : Senin
 Nama Surveyor :
 Type Jalan :

Waktu	JENIS								Jumlah	MBT (MOBI, BUS, TRUK)					
	1 Sepeda Motor	2 Sedan, Jeep dan	3 Oplet, pick-up, pick-up	4 Pick-up, mikro	5a Bus kecil	5b Bus besar	6a Truck 2 Sumbu	6b Truck 3 Sumbu			7a Truck 3 Sumbu	7b Truck Gandon	7c Truck samal	8 Kendaraan tidak bermotor	
00.00 - 01.00	11	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	28	17	8
01.00 - 02.00	6	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	21	15	9
02.00 - 03.00	6	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	26	19	12
03.00 - 04.00	5	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	22	17	10
04.00 - 05.00	14	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	36	22	15
05.00 - 06.00	15	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	41	29	18
06.00 - 07.00	87	13	1	6	1	0	2	32	0	0	0	0	142	55	34
07.00 - 08.00	108	15	0	12	0	0	0	36	1	0	0	0	175	66	39
08.00 - 09.00	151	11	1	8	0	0	0	31	0	0	0	0	203	51	31
09.00 - 10.00	160	12	2	11	0	0	0	40	1	0	0	0	226	66	41
10.00 - 11.00	199	14	1	9	0	0	0	35	0	0	0	0	259	59	35
11.00 - 12.00	145	20	1	8	0	0	0	26	0	0	0	0	200	55	26
12.00 - 13.00	178	16	1	12	1	0	0	35	0	0	0	0	243	65	35
13.00 - 14.00	148	24	0	17	0	0	0	34	0	0	0	0	224	74	34
14.00 - 15.00	159	21	1	27	0	0	0	39	0	0	0	0	238	78	29
15.00 - 16.00	179	24	0	26	1	0	0	21	0	0	0	0	245	66	21
16.00 - 17.00	189	27	0	32	0	0	0	43	0	0	0	0	273	82	43
17.00 - 18.00	187	29	0	19	1	0	0	39	1	0	0	0	276	86	40
18.00 - 19.00	156	24	1	18	0	0	0	38	0	0	0	0	237	81	38
19.00 - 20.00	126	27	0	16	0	0	0	25	1	0	0	0	195	69	26
20.00 - 21.00	106	19	0	15	0	0	0	23	0	0	0	0	165	57	23
21.00 - 22.00	92	10	0	13	0	0	0	12	0	0	0	0	127	35	12
22.00 - 23.00	69	11	0	11	0	0	0	10	1	0	0	0	102	33	11
23.00 - 24.00	26	7	0	5	0	0	0	10	1	0	0	0	49	23	11
Min	5	4	0	1	0	0	0	8	0	0	0	0	21	15	8
Max	199	29	2	27	1	0	2	43	1	0	0	2	276	89	43
Rata-rata	106	15	0	16	0	0	0	24	0	0	0	0	156	51	25
Total	2525	357	9	250	4	0	2	590	9	0	0	5	3751	1221	601

Lampiran 1. Data Lalu Lintas Ruas Simpang Pundu – Tumbang Samba

DATA VOLUME LALU LINTAS (TOTAL 2 ARAH)

Kota : Kalimantan
 Ruas / KM Po : 018 / Simpang Pundu - Tumbang Samba
 Arah : Total 2 Arah
 Koordinat Pos : 0
 Tgl/Bln Thn : 15 Oktober 2019
 Hari : Selasa
 Nama Surveyor :
 Tipe Jalan :

Waktu	JENIS KENDARAAN											Jumlah	MRT (MOBIL, BUS, TRUK)	TRUK		
	1 Sepeda Motor	2 Sedan, jeep dan station wagon	3 Opel, pick-up, opel, suzuki, mobil, mobil	4 Pick-up, mikrotrak dan mobil	5a Bus kecil	5b Bus besar	5c Truck 2 Sumbu (4 Roda)	6b Truck 2 Sumbu (5 Roda)	7a Truck 3 Sumbu	7b Truck Gendang	7c Truck semi trailer				8 Kendaraan tidak bermotor	
00.00 - 01.00	11	3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	15	0
01.00 - 02.00	12	7	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	21	11
02.00 - 03.00	9	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	23	16
03.00 - 04.00	8	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	19	13
04.00 - 05.00	8	5	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	22	14
05.00 - 06.00	12	5	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	25	17
06.00 - 07.00	80	12	1	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	149	67	46
07.00 - 08.00	117	11	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	165	65	48
08.00 - 09.00	158	10	2	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	217	59	34
09.00 - 10.00	152	14	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	196	84	38
10.00 - 11.00	150	13	1	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	209	59	33
11.00 - 12.00	189	18	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	245	56	25
12.00 - 13.00	157	20	1	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	270	63	21
13.00 - 14.00	135	26	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	209	65	20
14.00 - 15.00	154	26	1	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	233	65	19
15.00 - 16.00	193	25	0	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	261	65	24
16.00 - 17.00	182	29	1	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	248	65	18
17.00 - 18.00	166	26	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	229	60	21
18.00 - 19.00	168	20	1	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	234	65	32
19.00 - 20.00	140	13	0	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	166	55	26
20.00 - 21.00	121	15	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	63	36
21.00 - 22.00	111	13	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153	52	26
22.00 - 23.00	83	12	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128	45	21
23.00 - 24.00	42	7	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	26	15
Min	8	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	15	9
Max	183	29	2	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	261	65	48
Rata-rata	146	14	1	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	166	60	34
Total	2546	341	12	258	4	1	3	571	9	0	0	5	3752	1189	562	562

Lampiran 2. Data Pengujian CBR

STN	CBR Lap	Nilai Persepsi Man	CBR (perhitungan)	CBR Hasil	CBR Karakteristik	Koef. Varian
34+000	9.30	0.7	6.3	6.7	6.4	0.1
34+000	9.00	0.7	6.2			
34+000	9.50	0.7	6.7			
34+000	10.20	0.7	7.1			
34+500	9.60	0.7	6.7			
35+000	9.00	0.7	6.3			
35+000	9.20	0.7	6.4			
35+000	8.90	0.7	6.2			
35+000	9.80	0.7	6.9			
35+000	10.20	0.7	7.1			
35+000	9.50	0.7	6.7			
35+000	10.00	0.7	7.0			
35+000	10.30	0.7	7.2			
35+000	10.00	0.7	7.0			
36+000	9.50	0.7	6.7			
37+000	9.20	0.7	6.4			
37+000	9.80	0.7	6.7			
37+000	9.00	0.7	6.3			
37+000	10.00	0.7	7.0			
37+000	9.00	0.7	6.3			
38+000	9.80	0.7	6.7			
38+000	9.60	0.7	6.6			
38+000	10.20	0.7	7.1			
38+000	9.10	0.7	6.4			
38+000	10.30	0.7	7.2			
39+000	9.60	0.7	6.7			
39+000	9.70	0.7	6.8			
39+000	10.20	0.7	7.1			
39+000	9.20	0.7	6.4			
39+000	9.00	0.7	6.3			
40+000	11.20	0.7	7.8			
40+000	10.00	0.7	7.0			
40+000	9.00	0.7	6.3			
40+000	9.20	0.7	6.4			
40+000	9.60	0.7	6.7			
41+000	10.40	0.7	7.3			
41+000	9.50	0.7	6.7			
41+000	9.20	0.7	6.4			
41+000	9.20	0.7	6.4			
41+000	9.60	0.7	6.7			
42+000	9.20	0.7	6.4			
42+000	10.00	0.7	7.0			
42+000	10.30	0.7	7.2			

Lampiran 3. Hasil Analisis *KENLAYER* pada Perkerasan Eksisting Menggunakan Permodelan Elastik

INPUT FILE NAME -E:\KenPave\Program *KENPAVE*\EKS. 150.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -Eksisting

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC 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/m³, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4 6 27 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 9.9997 10 53 52.0003
 ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 1.100E+06 2 1.200E+06
 3 5.000E+05 4 1.249E+05 5 1.500E+05

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

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 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	0.03427	550.000	938.857	750.839	919.889
	(STRAIN)	2.218E-04	6.671E-06	2.460E-04	6.673E-06	2.218E-04
1	9.99970	0.03056	314.216	315.139	-148.638	-112.675
	(STRAIN)	-1.914E-04	3.486E-04	3.497E-04	-1.914E-04	-1.494E-04
1	10.00000	0.03056	314.208	315.131	-148.663	-112.698
	(STRAIN)	-1.914E-04	3.487E-04	3.497E-04	-1.914E-04	-1.494E-04
1	53.00000	0.01768	32.207	33.163	2.230	3.836
	(STRAIN)	-9.613E-05	1.936E-04	2.029E-04	-9.613E-05	-8.060E-05
1	52.00030	0.01787	32.948	33.936	2.313	4.002
	(STRAIN)	-9.839E-05	1.977E-04	2.073E-04	-9.839E-05	-8.207E-05
2	0.00000	0.03186	550.000	555.966	353.797	499.265
	(STRAIN)	1.231E-04	-6.209E-05	1.952E-04	-6.209E-05	1.231E-04
2	9.99970	0.03022	208.904	228.427	-90.890	54.989
	(STRAIN)	-1.702E-04	1.795E-04	2.023E-04	-1.702E-04	-2.148E-08
2	10.00000	0.03022	208.901	228.417	-90.907	54.987
	(STRAIN)	-1.702E-04	1.796E-04	2.023E-04	-1.702E-04	-1.378E-08
2	53.00000	0.01824	34.515	34.666	2.287	4.241
	(STRAIN)	-1.015E-04	2.101E-04	2.115E-04	-1.015E-04	-8.259E-05
2	52.00030	0.01845	35.334	35.489	2.373	4.440

	(STRAIN)	-1.040E-04	2.147E-04	2.162E-04	-1.040E-04	-8.398E-05
3	0.00000	0.03067	0.000	435.011	252.729	388.617
	(STRAIN)	1.032E-04	-6.975E-05	1.622E-04	-6.975E-05	1.032E-04
3	9.99970	0.02949	135.430	199.708	-43.505	135.430
	(STRAIN)	-1.480E-04	6.079E-05	1.358E-04	-1.480E-04	6.079E-05
3	10.00000	0.02949	135.431	199.709	-43.515	135.431
	(STRAIN)	-1.480E-04	6.079E-05	1.358E-04	-1.480E-04	6.079E-05
3	53.00000	0.01834	34.938	34.938	2.297	4.325
	(STRAIN)	-1.025E-04	2.131E-04	2.131E-04	-1.025E-04	-8.287E-05
3	52.00030	0.01856	35.769	35.769	2.384	4.532
	(STRAIN)	-1.050E-04	2.177E-04	2.177E-04	-1.050E-04	-8.424E-05



الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

Lampiran 3. Hasil Analisis *KENLAYER* pada Perkerasan Alternatif Bina Marga 2017 menggunakan Permodelan Elastik

INPUT FILE NAME -E:\KenPave\Program *KENPAVE*\COBA 1 150.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -coba 1

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC 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/m³, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4 13.5 15 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 17.4997 17.5 47.5 47.5003
 ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 1.100E+06 2 1.200E+06
 3 5.000E+05 4 1.249E+05 5 1.500E+05

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

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 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	0.03259	550.000	857.696	750.839	837.643
	(STRAIN)	1.766E-04	6.609E-05	2.021E-04	6.609E-05	1.766E-04
1	17.49970	0.02761	155.801	157.894	-182.914	-139.781
	(STRAIN)	-1.585E-04	2.367E-04	2.391E-04	-1.585E-04	-1.081E-04
1	17.50000	0.02761	155.798	157.890	-182.926	-139.791
	(STRAIN)	-1.585E-04	2.367E-04	2.391E-04	-1.585E-04	-1.081E-04
1	47.50000	0.01878	35.663	36.647	0.285	1.931
	(STRAIN)	-1.058E-04	2.766E-04	2.872E-04	-1.058E-04	-8.803E-05
1	47.50030	0.01878	35.662	36.732	2.724	4.597
	(STRAIN)	-1.058E-04	2.126E-04	2.229E-04	-1.058E-04	-8.772E-05
2	0.00000	0.03056	550.000	511.490	346.870	476.278
	(STRAIN)	1.208E-04	-4.385E-05	1.657E-04	-4.385E-05	1.208E-04
2	17.49970	0.02841	126.940	127.498	-165.017	-66.798
	(STRAIN)	-1.577E-04	1.829E-04	1.835E-04	-1.577E-04	-4.316E-05
2	17.50000	0.02841	126.937	127.495	-165.027	-66.805
	(STRAIN)	-1.578E-04	1.829E-04	1.835E-04	-1.578E-04	-4.316E-05
2	47.50000	0.01941	38.199	38.350	0.276	2.373
	(STRAIN)	-1.119E-04	2.980E-04	2.996E-04	-1.119E-04	-8.924E-05
2	47.50030	0.01941	38.199	38.363	2.790	5.140
	(STRAIN)	-1.119E-04	2.304E-04	2.320E-04	-1.119E-04	-8.919E-05

3	0.00000	0.02984	0.000	426.930	252.730	388.195
	(STRAIN)	1.058E-04	-6.665E-05	1.551E-04	-6.665E-05	1.058E-04
3	17.49970	0.02839	109.346	109.346	-151.418	-27.680
	(STRAIN)	-1.534E-04	1.508E-04	1.508E-04	-1.534E-04	-9.043E-06
3	17.50000	0.02839	109.344	109.344	-151.426	-27.685
	(STRAIN)	-1.534E-04	1.508E-04	1.508E-04	-1.534E-04	-9.044E-06
3	47.50000	0.01952	38.648	38.648	0.273	2.469
	(STRAIN)	-1.130E-04	3.018E-04	3.018E-04	-1.130E-04	-8.930E-05
3	47.50030	0.01952	38.648	38.648	2.802	5.257
	(STRAIN)	-1.130E-04	2.335E-04	2.335E-04	-1.130E-04	-8.930E-05



الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

Lampiran 3. Hasil Analisis *KENLAYER* pada Perkerasan Alternatif 1 menggunakan Permodelan Elastik

INPUT FILE NAME -E:\KenPave\Program *KENPAVE*\COBA 2 150.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -coba 1

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC 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/m³, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4 13.5 20 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 17.4997 17.5 57.5 57.5003
 ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 1.100E+06 2 1.200E+06
 3 5.000E+05 4 1.249E+05 5 1.500E+05

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

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 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 (STRAIN)	0.03018 1.496E-04	550.000 3.447E-05	695.572 1.724E-04	587.219 3.447E-05	677.671 1.496E-04
1	17.49970 (STRAIN)	0.02616 -1.493E-04	162.485 2.287E-04	164.560 2.312E-04	-161.544 -1.493E-04	-120.526 -1.014E-04
1	17.50000 (STRAIN)	0.02616 -1.493E-04	162.482 2.287E-04	164.556 2.312E-04	-161.555 -1.493E-04	-120.536 -1.014E-04
1	57.50000 (STRAIN)	0.01631 -8.001E-05	27.168 2.122E-04	27.837 2.194E-04	0.137 -8.001E-05	1.105 -6.954E-05
1	57.50030 (STRAIN)	0.01631 -8.001E-05	27.168 1.642E-04	27.890 1.712E-04	1.907 -8.001E-05	3.015 -6.929E-05
2	0.00000 (STRAIN)	0.02902 1.122E-04	550.000 -3.025E-05	491.582 1.539E-04	346.871 -3.025E-05	458.770 1.122E-04
2	17.49970 (STRAIN)	0.02683 -1.480E-04	133.671 1.733E-04	134.275 1.740E-04	-141.752 -1.480E-04	-44.703 -3.476E-05
2	17.50000 (STRAIN)	0.02683 -1.480E-04	133.668 1.733E-04	134.272 1.741E-04	-141.761 -1.480E-04	-44.709 -3.476E-05
2	57.50000 (STRAIN)	0.01676 -8.383E-05	28.894 2.270E-04	29.001 2.282E-04	0.134 -8.383E-05	1.299 -7.125E-05
2	57.50030 (STRAIN)	0.01676 -8.383E-05	28.893 1.767E-04	29.009 1.778E-04	1.940 -8.383E-05	3.247 -7.120E-05

3	0.00000	0.02827	0.000	406.435	252.730	370.699
	(STRAIN)	9.730E-05	-5.284E-05	1.428E-04	-5.284E-05	9.730E-05
3	17.49970	0.02679	115.901	115.901	-127.843	-4.963
	(STRAIN)	-1.435E-04	1.409E-04	1.409E-04	-1.435E-04	-1.551E-07
3	17.50000	0.02679	115.900	115.900	-127.851	-4.968
	(STRAIN)	-1.435E-04	1.409E-04	1.409E-04	-1.435E-04	-1.558E-07
3	57.50000	0.01684	29.215	29.215	0.133	1.339
	(STRAIN)	-8.455E-05	2.298E-04	2.298E-04	-8.455E-05	-7.152E-05
3	57.50030	0.01684	29.215	29.215	1.946	3.294
	(STRAIN)	-8.455E-05	1.790E-04	1.790E-04	-8.455E-05	-7.152E-05



Lampiran 3. Hasil Analisis *KENLAYER* pada Perkerasan Alternatif 2 menggunakan Permodelan Elastik

INPUT FILE NAME -E:\KenPave\Program *KENPAVE*\COBA 3 150.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -Coba3

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC 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/m³, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4 6 27 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 9.9997 10 42 42.0003
 ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 1.100E+06 2 1.200E+06
 3 5.000E+05 4 1.249E+05 5 1.500E+05

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

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 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	0.03427	550.000	938.857	750.839	919.889
	(STRAIN)	2.218E-04	6.671E-06	2.460E-04	6.673E-06	2.218E-04
1	9.99970	0.03056	314.216	315.139	-148.638	-112.675
	(STRAIN)	-1.914E-04	3.486E-04	3.497E-04	-1.914E-04	-1.494E-04
1	10.00000	0.03056	314.208	315.131	-148.663	-112.698
	(STRAIN)	-1.914E-04	3.487E-04	3.497E-04	-1.914E-04	-1.494E-04
1	42.00000	0.02080	42.173	43.404	-1.370	1.500
	(STRAIN)	-1.368E-04	3.338E-04	3.471E-04	-1.368E-04	-1.058E-04
1	42.00030	0.02080	42.173	43.404	-1.370	1.500
	(STRAIN)	-1.368E-04	3.338E-04	3.471E-04	-1.368E-04	-1.058E-04
2	0.00000	0.03186	550.000	555.966	353.797	499.265
	(STRAIN)	1.231E-04	-6.209E-05	1.952E-04	-6.209E-05	1.231E-04
2	9.99970	0.03022	208.904	228.427	-90.890	54.989
	(STRAIN)	-1.702E-04	1.795E-04	2.023E-04	-1.702E-04	-2.148E-08
2	10.00000	0.03022	208.901	228.417	-90.907	54.987
	(STRAIN)	-1.702E-04	1.796E-04	2.023E-04	-1.702E-04	-1.378E-08
2	42.00000	0.02162	45.355	45.528	-1.546	2.192
	(STRAIN)	-1.461E-04	3.608E-04	3.627E-04	-1.461E-04	-1.057E-04
2	42.00030	0.02162	45.354	45.528	-1.546	2.192
	(STRAIN)	-1.461E-04	3.608E-04	3.627E-04	-1.461E-04	-1.057E-04

3	0.00000	0.03067	0.000	435.011	252.729	388.617
	(STRAIN)	1.032E-04	-6.975E-05	1.622E-04	-6.975E-05	1.032E-04
3	9.99970	0.02949	135.430	199.708	-43.505	135.430
	(STRAIN)	-1.480E-04	6.079E-05	1.358E-04	-1.480E-04	6.079E-05
3	10.00000	0.02949	135.431	199.709	-43.515	135.431
	(STRAIN)	-1.480E-04	6.079E-05	1.358E-04	-1.480E-04	6.079E-05
3	42.00000	0.02177	45.863	45.863	-1.578	2.366
	(STRAIN)	-1.478E-04	3.650E-04	3.650E-04	-1.478E-04	-1.052E-04
3	42.00030	0.02177	45.863	45.863	-1.578	2.366
	(STRAIN)	-1.478E-04	3.650E-04	3.650E-04	-1.478E-04	-1.052E-04



الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

Lampiran 3. Hasil Analisis *KENLAYER* pada Perkerasan Alternatif 3 menggunakan Permodelan Elastik

INPUT FILE NAME -E:\KenPave\Program *KENPAVE*\COBA 4 150.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -Coba 4

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC 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/m³, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4 6 15 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 9.9997 10 35 35.0003
 ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 1.100E+06 2 1.200E+06
 3 5.000E+05 4 1.249E+05 5 1.500E+05

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

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 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	0.03962	550.000	1009.610	750.839	983.295
	(STRAIN)	2.538E-04	-4.211E-05	2.872E-04	-4.211E-05	2.537E-04
1	9.99970	0.03593	299.755	301.151	-186.933	-147.380
	(STRAIN)	-2.070E-04	3.608E-04	3.624E-04	-2.070E-04	-1.609E-04
1	10.00000	0.03593	299.747	301.143	-186.961	-147.405
	(STRAIN)	-2.070E-04	3.608E-04	3.624E-04	-2.070E-04	-1.609E-04
1	35.00000	0.02470	57.146	58.808	-1.339	3.056
	(STRAIN)	-1.841E-04	4.481E-04	4.660E-04	-1.841E-04	-1.366E-04
1	35.00030	0.02470	57.145	58.807	-1.339	3.056
	(STRAIN)	-1.841E-04	4.481E-04	4.660E-04	-1.841E-04	-1.366E-04
2	0.00000	0.03761	550.000	632.114	353.797	561.949
	(STRAIN)	1.524E-04	-1.126E-04	2.417E-04	-1.126E-04	1.523E-04
2	9.99970	0.03609	196.173	212.734	-131.802	19.079
	(STRAIN)	-1.871E-04	1.955E-04	2.149E-04	-1.871E-04	-1.108E-05
2	10.00000	0.03609	196.169	212.724	-131.823	19.074
	(STRAIN)	-1.871E-04	1.955E-04	2.149E-04	-1.871E-04	-1.107E-05
2	35.00000	0.02583	61.216	61.415	-1.503	4.675
	(STRAIN)	-1.972E-04	4.807E-04	4.828E-04	-1.972E-04	-1.305E-04
2	35.00030	0.02583	61.215	61.414	-1.503	4.675
	(STRAIN)	-1.972E-04	4.807E-04	4.828E-04	-1.972E-04	-1.305E-04

3	0.00000	0.03691	0.000	557.704	276.442	461.151
	(STRAIN)	1.159E-04	-1.192E-04	2.388E-04	-1.192E-04	1.159E-04
3	9.99970	0.03546	123.605	160.373	-84.605	123.605
	(STRAIN)	-1.652E-04	7.775E-05	1.206E-04	-1.652E-04	7.775E-05
3	10.00000	0.03546	123.605	160.371	-84.618	123.605
	(STRAIN)	-1.652E-04	7.775E-05	1.206E-04	-1.652E-04	7.775E-05
3	35.00000	0.02603	61.707	61.707	-1.525	5.099
	(STRAIN)	-1.994E-04	4.840E-04	4.840E-04	-1.994E-04	-1.278E-04
3	35.00030	0.02603	61.706	61.706	-1.525	5.099
	(STRAIN)	-1.994E-04	4.840E-04	4.840E-04	-1.994E-04	-1.278E-04



الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

Lampiran 3. Hasil Analisis *KENLAYER* pada Perkerasan Eksisting Menggunakan Permodelan Viskoelastik

```

INPUT FILE NAME -E:\KenPave\Program KENPAVE\EKS 150 VISCO.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -EKSISTING

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 6 27 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 9.9997 10 52 52.0003
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 1.100E+06 2 1.200E+06
3 5.000E+05 4 1.249E+05 5 1.500E+05

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) = 0.1
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:
9.167E-07 9.303E-07 9.778E-07 1.098E-06 1.393E-06 1.746E-06 2.152E-06
2.599E-06 3.276E-06 5.095E-06 1.146E-05

LAYER NO. 1 DIRICHLET SERIES AT REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) OF 25 ARE:
4.410E-07 -1.134E-06 6.856E-07 -2.828E-06 9.932E-06 -1.801E-05 1.186E-05

COMPUTED COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP. (TEMREF) OF 25 ARE:
9.337E-07 9.235E-07 9.445E-07 1.135E-06 1.392E-06 1.603E-06 2.383E-06
2.777E-06 2.606E-06 5.728E-06 1.122E-05

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND TEMPERATURE ARE: 1 25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) OF LAYER 1 AT TEMPERATURE (TEMP) OF 25 ARE:
9.337E-07 9.235E-07 9.445E-07 1.135E-06 1.392E-06 1.603E-06 2.383E-06
2.777E-06 2.606E-06 5.728E-06 1.122E-05

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

POINT VERTICAL VERTICAL VERTICAL MAJOR MINOR INTERMEDIATE

```


NO.	COORDINATE	DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	STRESS (STRAIN)	PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.03478	550.000	882.015	757.568	865.462
	(STRAIN)	2.233E-04	6.889E-05	2.522E-04	6.639E-05	-2.086E-04
1	9.99970	0.03080	318.939	319.835	-143.455	-108.450
	(STRAIN)	-1.900E-04	3.495E-04	3.505E-04	-1.900E-04	-1.480E-04
1	10.00000	0.03080	318.932	319.828	-143.480	-108.473
	(STRAIN)	-1.900E-04	3.495E-04	3.505E-04	-1.900E-04	-1.480E-04
1	52.00000	0.01798	33.306	34.230	0.158	1.662
	(STRAIN)	-9.931E-05	2.590E-04	2.690E-04	-9.931E-05	-8.848E-05
1	52.00030	0.01798	33.305	34.307	2.386	4.100
	(STRAIN)	-9.931E-05	1.996E-04	2.093E-04	-9.931E-05	-8.818E-05
2	0.00000	0.03218	550.000	520.046	356.874	469.809
	(STRAIN)	1.262E-04	-3.765E-05	2.040E-04	-4.047E-05	9.692E-05
2	9.99970	0.03042	210.994	231.957	-85.338	59.685
	(STRAIN)	-1.683E-04	1.774E-04	2.018E-04	-1.683E-04	3.712E-06
2	10.00000	0.03042	210.991	231.945	-85.355	59.684
	(STRAIN)	-1.683E-04	1.774E-04	2.018E-04	-1.683E-04	3.725E-06
2	52.00000	0.01857	35.727	35.871	0.155	2.029
	(STRAIN)	-1.050E-04	2.795E-04	2.811E-04	-1.050E-04	-9.005E-05
2	52.00030	0.01857	35.726	35.883	2.451	4.552
	(STRAIN)	-1.050E-04	2.167E-04	2.182E-04	-1.050E-04	-9.000E-05
3	0.00000	0.03095	0.000	406.848	254.867	364.193
	(STRAIN)	1.055E-04	-5.443E-05	1.714E-04	-5.604E-05	1.200E-04
3	9.99970	0.02967	135.306	208.314	-37.086	135.306
	(STRAIN)	-1.454E-04	5.568E-05	1.409E-04	-1.454E-04	1.319E-05
3	10.00000	0.02967	135.307	208.316	-37.096	135.307
	(STRAIN)	-1.455E-04	5.568E-05	1.409E-04	-1.455E-04	1.319E-05
3	52.00000	0.01868	36.168	36.168	0.153	2.107
	(STRAIN)	-1.060E-04	2.832E-04	2.832E-04	-1.060E-04	-9.020E-05
3	52.00030	0.01868	36.167	36.167	2.462	4.647
	(STRAIN)	-1.060E-04	2.198E-04	2.198E-04	-1.060E-04	-9.020E-05

الجامعة الإسلامية العالمية
 International Islamic University Malaysia

Lampiran 3. Hasil Analisis *KENLAYER* pada Perkerasan Alternatif Bina Marga (2017) menggunakan Permodelan Viskoelastik

INPUT FILE NAME -E:\KenPave\Program *KENPAVE*\Coba visco.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -viscolagi

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/m³, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4 13.5 15 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 17.4997 17.5 47.5 47.5003
 ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 1.100E+06 2 1.200E+06
 3 5.000E+05 4 1.249E+05 5 6.700E+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) = 0.1
 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:
 9.162E-07 9.303E-07 9.778E-07 1.098E-06 1.393E-06 1.746E-06 2.152E-06
 2.599E-06 3.276E-06 5.095E-06 1.146E-05

LAYER NO. 1 DIRICHLET SERIES AT REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) OF 25 ARE:
 4.399E-07 -1.133E-06 6.852E-07 -2.827E-06 9.932E-06 -1.801E-05 1.186E-05

COMPUTED COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP.(TEMREF) OF 25 ARE:
 9.334E-07 9.233E-07 9.445E-07 1.135E-06 1.392E-06 1.603E-06 2.383E-06
 2.777E-06 2.606E-06 5.728E-06 1.122E-05

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND TEMPERATURE ARE: 1 25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) OF LAYER 1 AT TEMPERATURE (TEMP) OF 25 ARE:
 9.334E-07 9.233E-07 9.445E-07 1.135E-06 1.392E-06 1.603E-06 2.383E-06
 2.777E-06 2.606E-06 5.728E-06 1.122E-05

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

POINT VERTICAL VERTICAL VERTICAL MAJOR MINOR INTERMEDIATE

NO.	COORDINATE	DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	STRESS (STRAIN)	PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04809	550.000	703.756	583.223	691.522
	(STRAIN)	1.872E-04	3.399E-05	2.112E-04	2.853E-05	-2.468E-04
1	17.49970	0.04435	152.352	154.977	-194.654	-151.582
	(STRAIN)	-1.633E-04	2.415E-04	2.446E-04	-1.633E-04	-1.136E-04
1	17.50000	0.04435	152.348	154.973	-194.668	-151.593
	(STRAIN)	-1.633E-04	2.415E-04	2.446E-04	-1.633E-04	-1.137E-04
1	47.50000	0.03545	26.232	26.662	-19.037	-15.329
	(STRAIN)	-1.842E-04	3.051E-04	3.098E-04	-1.842E-04	-1.564E-04
1	47.50030	0.03545	26.232	26.971	0.717	2.045
	(STRAIN)	-1.842E-04	3.680E-04	3.840E-04	-1.842E-04	-1.694E-04
2	0.00000	0.04734	550.000	522.138	346.791	490.607
	(STRAIN)	1.516E-04	-5.887E-05	2.008E-04	-6.095E-05	1.244E-04
2	17.49970	0.04542	122.416	122.853	-176.901	-77.474
	(STRAIN)	-1.625E-04	1.867E-04	1.872E-04	-1.625E-04	-3.827E-05
2	17.50000	0.04542	122.414	122.850	-176.913	-77.482
	(STRAIN)	-1.625E-04	1.867E-04	1.872E-04	-1.625E-04	-3.827E-05
2	47.50000	0.03639	27.853	27.918	-20.344	-16.905
	(STRAIN)	-1.937E-04	3.272E-04	3.279E-04	-1.937E-04	-1.704E-04
2	47.50030	0.03639	27.853	27.966	0.620	2.256
	(STRAIN)	-1.937E-04	3.956E-04	3.981E-04	-1.937E-04	-1.724E-04
3	0.00000	0.04663	0.000	442.939	252.848	407.477
	(STRAIN)	1.375E-04	-9.022E-05	1.925E-04	-9.217E-05	1.700E-04
3	17.49970	0.04544	104.375	104.375	-163.145	-37.934
	(STRAIN)	-1.581E-04	1.540E-04	1.540E-04	-1.581E-04	1.457E-06
3	17.50000	0.04544	104.374	104.374	-163.155	-37.940
	(STRAIN)	-1.581E-04	1.540E-04	1.540E-04	-1.581E-04	1.455E-06
3	47.50000	0.03656	28.137	28.137	-20.580	-17.163
	(STRAIN)	-1.955E-04	3.310E-04	3.310E-04	-1.955E-04	-1.727E-04
3	47.50030	0.03656	28.137	28.137	0.599	2.305
	(STRAIN)	-1.955E-04	4.004E-04	4.004E-04	-1.955E-04	-1.727E-04

الجامعة الإسلامية العالمية
 International Islamic University Malaysia

Lampiran 3. Hasil Analisis *KENLAYER* pada Perkerasan Alternatif 1 menggunakan Permodelan Viskolastik

```

INPUT FILE NAME -E:\KenPave\Program KENPAVE\COBA 2 VISCO 150.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -viscolagi

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 13.5 20 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 17.4997 17.5 57.5 57.5003
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 1.100E+06 2 1.200E+06
3 5.000E+05 4 1.249E+05 5 1.500E+05

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) = 0.1
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:
9.167E-07 9.303E-07 9.778E-07 1.098E-06 1.393E-06 1.746E-06 2.152E-06
2.599E-06 3.276E-06 5.095E-06 1.146E-05

LAYER NO. 1 DIRICHLET SERIES AT REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) OF 25 ARE:
4.410E-07 -1.134E-06 6.856E-07 -2.828E-06 9.932E-06 -1.801E-05 1.186E-05

COMPUTED COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP.(TEMREF) OF 25 ARE:
9.337E-07 9.235E-07 9.445E-07 1.135E-06 1.392E-06 1.603E-06 2.383E-06
2.777E-06 2.606E-06 5.728E-06 1.122E-05

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND TEMPERATURE ARE: 1 25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) OF LAYER 1 AT TEMPERATURE (TEMP) OF 25 ARE:
9.337E-07 9.235E-07 9.445E-07 1.135E-06 1.392E-06 1.603E-06 2.383E-06
2.777E-06 2.606E-06 5.728E-06 1.122E-05

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

POINT VERTICAL VERTICAL VERTICAL MAJOR MINOR INTERMEDIATE

```

NO.	COORDINATE	DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	STRESS (STRAIN)	PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.03121	550.000	734.566	684.873	717.467
	(STRAIN)	1.587E-04	1.246E-04	1.901E-04	1.159E-04	-3.045E-04
1	17.49970	0.02635	164.481	166.564	-160.726	-119.629
	(STRAIN)	-1.496E-04	2.298E-04	2.323E-04	-1.496E-04	-1.038E-04
1	17.50000	0.02635	164.477	166.560	-160.737	-119.639
	(STRAIN)	-1.496E-04	2.298E-04	2.323E-04	-1.496E-04	-1.039E-04
1	57.50000	0.01641	27.466	28.145	0.158	1.140
	(STRAIN)	-8.080E-05	2.144E-04	2.217E-04	-8.080E-05	-7.505E-05
1	57.50030	0.01641	27.466	28.199	1.955	3.080
	(STRAIN)	-8.080E-05	1.658E-04	1.729E-04	-8.080E-05	-7.478E-05
2	0.00000	0.02928	550.000	458.312	346.681	430.069
	(STRAIN)	1.146E-04	-5.843E-06	1.592E-04	-8.306E-06	7.371E-05
2	17.49970	0.02703	135.159	135.800	-140.395	-42.503
	(STRAIN)	-1.481E-04	1.734E-04	1.741E-04	-1.481E-04	-2.759E-05
2	17.50000	0.02703	135.157	135.798	-140.404	-42.509
	(STRAIN)	-1.481E-04	1.734E-04	1.741E-04	-1.481E-04	-2.760E-05
2	57.50000	0.01686	29.220	29.329	0.156	1.339
	(STRAIN)	-8.469E-05	2.295E-04	2.306E-04	-8.469E-05	-7.691E-05
2	57.50030	0.01686	29.220	29.337	1.992	3.319
	(STRAIN)	-8.469E-05	1.785E-04	1.796E-04	-8.469E-05	-7.686E-05
3	0.00000	0.02850	0.000	377.603	252.616	346.753
	(STRAIN)	1.003E-04	-3.716E-05	1.479E-04	-3.874E-05	1.185E-04
3	17.49970	0.02699	117.047	117.047	-126.194	-2.013
	(STRAIN)	-1.435E-04	1.403E-04	1.403E-04	-1.435E-04	1.299E-05
3	17.50000	0.02699	117.046	117.045	-126.201	-2.018
	(STRAIN)	-1.435E-04	1.403E-04	1.403E-04	-1.435E-04	1.299E-05
3	57.50000	0.01695	29.547	29.547	0.155	1.380
	(STRAIN)	-8.542E-05	2.323E-04	2.323E-04	-8.542E-05	-7.721E-05
3	57.50030	0.01695	29.547	29.547	1.998	3.367
	(STRAIN)	-8.542E-05	1.809E-04	1.809E-04	-8.542E-05	-7.721E-05

الجامعة الإسلامية العالمية
 International Islamic University Malaysia

Lampiran 3. Hasil Analisis *KENLAYER* pada Perkerasan Alternatif 2 menggunakan Permodelan Viskoelastik

```

INPUT FILE NAME -E:\KenPave\Program KENPAVE\COBA 3 VISCO 150.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -Coba3

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 6 27 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 9.9997 10 42 42.0003
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 1.100E+06 2 1.200E+06
3 5.000E+05 4 1.249E+05 5 1.500E+05

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) = 0.1
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:
9.162E-07 9.303E-07 9.778E-04 1.098E-06 1.393E-06 1.746E-06 2.152E-06
2.599E-06 3.276E-06 5.095E-06 1.146E-06

LAYER NO. 1 DIRICHLET SERIES AT REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) OF 25 ARE:
-2.689E-03 3.828E-03 -1.551E-03 3.322E-04 -1.941E-04 1.113E-04 -9.924E-06

COMPUTED COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP.(TEMREF) OF 25 ARE:
-2.675E-05 2.052E-04 5.866E-04 3.553E-04 -2.248E-04 8.096E-05 4.426E-05
-3.645E-05 -1.554E-06 2.136E-05 -5.962E-06

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND TEMPERATURE ARE: 1 25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) OF LAYER 1 AT TEMPERATURE (TEMP) OF 25 ARE:
-2.675E-05 2.052E-04 5.866E-04 3.553E-04 -2.248E-04 8.096E-05 4.426E-05
-3.645E-05 -1.554E-06 2.136E-05 -5.962E-06

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

POINT VERTICAL VERTICAL VERTICAL MAJOR MINOR INTERMEDIATE

```

NO.	COORDINATE	DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	STRESS (STRAIN)	PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.49159	550.000	555.259	310.330	311.158
	(STRAIN)	-1.547E-02	1.240E-01	1.240E-01	-1.545E-02	4.109E-04
1	9.99970	0.03311	370.969	371.611	-90.612	-65.731
	(STRAIN)	-1.775E-04	3.610E-04	3.618E-04	-1.775E-04	-1.497E-04
1	10.00000	0.03311	370.961	371.603	-90.644	-65.760
	(STRAIN)	-1.775E-04	3.611E-04	3.618E-04	-1.775E-04	-1.497E-04
1	42.00000	0.02214	47.067	48.440	-1.143	2.226
	(STRAIN)	-1.511E-04	3.700E-04	3.848E-04	-1.511E-04	-1.174E-04
1	42.00030	0.02214	47.067	48.440	-1.143	2.226
	(STRAIN)	-1.511E-04	3.700E-04	3.848E-04	-1.511E-04	-1.174E-04
2	0.00000	0.28779	550.000	278.518	151.260	178.656
	(STRAIN)	-1.379E-02	6.476E-02	6.476E-02	-1.263E-02	2.621E-04
2	9.99970	0.03230	231.867	270.828	-32.335	99.090
	(STRAIN)	-1.503E-04	1.580E-04	2.034E-04	-1.503E-04	1.040E-06
2	10.00000	0.03230	231.864	270.812	-32.356	99.092
	(STRAIN)	-1.503E-04	1.580E-04	2.034E-04	-1.503E-04	1.056E-06
2	42.00000	0.02307	50.614	50.800	-1.314	3.183
	(STRAIN)	-1.618E-04	3.995E-04	4.015E-04	-1.618E-04	-1.152E-04
2	42.00030	0.02307	50.614	50.800	-1.314	3.183
	(STRAIN)	-1.618E-04	3.995E-04	4.015E-04	-1.618E-04	-1.152E-04
3	0.00000	-0.02372	0.000	32.759	-49.371	-30.371
	(STRAIN)	-1.141E-02	-1.722E-02	2.853E-02	-1.731E-02	1.798E-04
3	9.99970	0.03125	131.147	288.688	22.627	131.409
	(STRAIN)	-1.209E-04	5.430E-06	1.892E-04	-1.212E-04	-1.190E-05
3	10.00000	0.03125	131.149	288.692	22.616	131.411
	(STRAIN)	-1.209E-04	5.433E-06	1.892E-04	-1.212E-04	-1.190E-05
3	42.00000	0.02323	51.150	51.150	-1.343	3.424
	(STRAIN)	-1.637E-04	4.037E-04	4.037E-04	-1.637E-04	-1.140E-04
3	42.00030	0.02323	51.150	51.150	-1.342	3.424
	(STRAIN)	-1.637E-04	4.037E-04	4.037E-04	-1.637E-04	-1.140E-04

الجامعة الإسلامية العالمية
 International Islamic University Malaysia

Lampiran 3. Hasil Analisis *KENLAYER* pada Perkerasan Alternatif 3 menggunakan Permodelan Viskolastik

```

INPUT FILE NAME -E:\KenPave\Program KENPAVE\COBA 4 VISCO 150.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -Coba 4

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 6 15 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 9.9997 10 35 35.0003
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 1.100E+06 2 1.200E+06
3 5.000E+05 4 1.249E+05 5 1.500E+05

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) = 0.1
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:
9.162E-07 9.303E-07 9.778E-07 1.098E-06 1.393E-06 1.746E-06 2.152E-06
2.599E-06 3.276E-06 5.095E-06 1.146E-05

LAYER NO. 1 DIRICHLET SERIES AT REFERENCE TEMPERATURE (TEMREF) OF 25 ARE:
4.399E-07 -1.133E-06 6.852E-07 -2.827E-06 9.932E-06 -1.801E-05 1.186E-05

COMPUTED COMPLIANCES (CREEP) AT REFERENCE TEMP.(TEMREF) OF 25 ARE:
9.334E-07 9.233E-07 9.445E-07 1.135E-06 1.392E-06 1.603E-06 2.383E-06
2.777E-06 2.606E-06 5.728E-06 1.122E-05

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND TEMPERATURE ARE: 1 25

CREEP COMPLIANCES (CREEP) OF LAYER 1 AT TEMPERATURE (TEMP) OF 25 ARE:
9.334E-07 9.233E-07 9.445E-07 1.135E-06 1.392E-06 1.603E-06 2.383E-06
2.777E-06 2.606E-06 5.728E-06 1.122E-05

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

POINT VERTICAL VERTICAL VERTICAL MAJOR MINOR INTERMEDIATE

```


NO.	COORDINATE	DISPL. (HORIZONTAL P. STRAIN)	STRESS (STRAIN)	PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	PRINCIPAL STRESS (STRAIN)	PRINCIPAL STRESS (STRAIN)
1	0.00000	0.04020	550.000	947.321	756.111	923.837
	(STRAIN)	2.575E-04	1.672E-05	2.983E-04	1.094E-05	-1.357E-04
1	9.99970	0.03625	304.757	306.125	-180.357	-142.034
	(STRAIN)	-2.050E-04	3.610E-04	3.626E-04	-2.050E-04	-1.556E-04
1	10.00000	0.03625	304.750	306.118	-180.386	-142.060
	(STRAIN)	-2.050E-04	3.610E-04	3.626E-04	-2.050E-04	-1.556E-04
1	35.00000	0.02490	57.937	59.621	-1.280	3.198
	(STRAIN)	-1.863E-04	4.538E-04	4.720E-04	-1.863E-04	-1.496E-04
1	35.00030	0.02490	57.936	59.620	-1.280	3.198
	(STRAIN)	-1.863E-04	4.538E-04	4.720E-04	-1.863E-04	-1.496E-04
2	0.00000	0.03801	550.000	589.207	357.090	526.711
	(STRAIN)	1.576E-04	-9.155E-05	2.533E-04	-9.345E-05	1.462E-04
2	9.99970	0.03640	198.629	216.529	-124.641	25.247
	(STRAIN)	-1.845E-04	1.927E-04	2.136E-04	-1.845E-04	-1.983E-06
2	10.00000	0.03640	198.625	216.518	-124.662	25.242
	(STRAIN)	-1.845E-04	1.927E-04	2.136E-04	-1.845E-04	-1.972E-06
2	35.00000	0.02604	62.066	62.266	-1.438	4.871
	(STRAIN)	-1.996E-04	4.867E-04	4.889E-04	-1.996E-04	-1.400E-04
2	35.00030	0.02604	62.065	62.265	-1.437	4.871
	(STRAIN)	-1.996E-04	4.867E-04	4.889E-04	-1.996E-04	-1.400E-04
3	0.00000	0.03723	0.000	515.257	276.519	430.233
	(STRAIN)	1.211E-04	-1.059E-04	2.497E-04	-1.073E-04	1.967E-04
3	9.99970	0.03574	123.835	170.496	-76.511	123.835
	(STRAIN)	-1.619E-04	7.187E-05	1.263E-04	-1.619E-04	2.270E-05
3	10.00000	0.03574	123.836	170.494	-76.525	123.836
	(STRAIN)	-1.619E-04	7.187E-05	1.263E-04	-1.619E-04	2.270E-05
3	35.00000	0.02624	62.558	62.558	-1.458	5.309
	(STRAIN)	-2.019E-04	4.901E-04	4.901E-04	-2.019E-04	-1.362E-04
3	35.00030	0.02624	62.558	62.558	-1.458	5.309
	(STRAIN)	-2.019E-04	4.901E-04	4.901E-04	-2.019E-04	-1.362E-04

الجامعة الإسلامية العالمية
 International Islamic University Malaysia