

## **TUGAS AKHIR**

**ALTERNATIF DESAIN BERDASARKAN MDPJ 2024  
DAN PREDIKSI KERUSAKAN MENGGUNAKAN  
PROGRAM KENPAVE PADA JALAN RING ROAD  
PUNCAK – LINGGARJATI KABUPATEN KUNINGAN,  
JAWA BARAT  
(ALTERNATIVE DESIGN OF MDPJ 2024 AND  
DAMAGE PREDICTION USING THE KENPAVE  
PROGRAM ON THE PUNCAK – LINGGARJATI RING  
ROAD, KUNINGAN REGENCY, WEST JAVA)**

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



**Ramadan Habib**

**18511070**

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

**2025**

## TUGAS AKHIR

**ALTERNATIF DESAIN BERDASARKAN MDPJ 2024  
DAN PREDIKSI KERUSAKAN MENGGUNAKAN  
PROGRAM KENPAVE PADA JALAN RING ROAD  
PUNCAK – LINGGARJATI KABUPATEN KUNINGAN,  
JAWA BARAT  
(ALTERNATIVE DESIGN OF MDPJ 2024 AND  
DAMAGE PREDICTION USING THE KENPAVE  
PROGRAM ON THE PUNCAK – LINGGARJATI RING  
ROAD, KUNINGAN REGENCY, WEST JAVA)**

Disusun oleh:



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

Diuji pada tanggal 22 Agustus 2025

Oleh dewan Penguji

Pembimbing

Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

NIK: 955110103

Penguji I

Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng.,  
IPM., ASEAN. Eng.

NIK: 015110101

Penguji II

Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T.

NIK: 215111307

Mengesahkan

Kepala Program Studi Teknik Sipil



Ir. Yunalia Muntafi, S.T., MT., Ph.D. (Eng), IPM.

NIK: 095110101

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, 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, Agustus 2025

Yang membuat pernyataan,



Ramadan Habib

(18511070)

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur saya ucapkan kepada Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya lah sehingga Tugas Akhir yang Alternatif Desain dan Prediksi Kerusakan pada Jalan Ring Road Puncak – Linggarjati, Kabupaten Kuningan, Jawa Barat ini dapat diselesaikan. Proposal Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis mendapatkan banyak hambatan, namun berkat saran, kritik, doa serta dukungan yang diberikan oleh berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah membantu dengan memberikan bimbingan, kritik dan saran selama pelaksanaan Tugas Akhir ini,
2. Bapak Berlian Kushari, S.T., M.Sc. selaku dosen Penguji I.
3. Bapak Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.Sc. selaku dosen Penguji II.
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi S.T., M.T., Ph.D.(Eng).,IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Orang tua penulis yang telah memberikan dukungan, motivasi dan doa yang tidak pernah putus sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Yogyakarta, 22 Agustus 2025



Ramadan Habib

18511070

## DAFTAR ISI

|                                                                  |      |
|------------------------------------------------------------------|------|
| HALAMAN JUDUL                                                    | i    |
| HALAMAN PENGESAHAN                                               | ii   |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI                                        | iii  |
| KATA PENGANTAR                                                   | iv   |
| DAFTAR ISI                                                       | v    |
| DAFTAR TABEL                                                     | viii |
| DAFTAR GAMBAR                                                    | xi   |
| DAFTAR TONASI                                                    | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN                                                  | iv   |
| ABSTRAK                                                          | xvi  |
| <i>ABSTRACT</i>                                                  | xvii |
| BAB I PENDAHULUAN                                                | 1    |
| 1.1 Latar belakang                                               | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah                                              | 3    |
| 1.3 Tujuan Penelitian                                            | 3    |
| 1.4 Manfaat Penelitian                                           | 3    |
| 1.5 Batasan Penelitian                                           | 4    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA                                          | 5    |
| 2.1 Kinerja Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2024             | 5    |
| 2.2 Evaluasi Kerusakan Jalan Menggunakan Program <i>KENPAVE</i>  | 7    |
| BAB III LANDASAN TEORI                                           | 13   |
| 3.1 <i>Desain</i> Tebal Perkerasan dengan Metode Bina Marga 2024 | 13   |
| 3.1.1 Umur Rencana                                               | 13   |
| 3.1.2 Pemilihan Struktur Perkerasan                              | 14   |
| 3.1.3 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas                             | 15   |
| 3.1.4 Faktor Distribusi Lajur                                    | 16   |
| 3.1.5 Data Lalu Lintas                                           | 17   |
| 3.1.6 Beban Lalu Lintas                                          | 17   |

|                           |                                                            |    |
|---------------------------|------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.7                     | Faktor Ekuivalen Beban                                     | 17 |
| 3.2                       | Prosedur Manual <i>Desain</i> Perkerasan Lentur 2024       | 21 |
| 3.3                       | Program <i>KENPAVE</i>                                     | 22 |
| 3.3.1                     | <i>Data Path</i>                                           | 23 |
| 3.3.2                     | <i>File Name</i>                                           | 23 |
| 3.3.3                     | <i>Help</i>                                                | 23 |
| 3.3.4                     | Editor                                                     | 23 |
| 3.3.5                     | <i>LAYERNIP</i> atau <i>SLABSNIP</i>                       | 23 |
| 3.3.6                     | <i>KENLAYER</i> atau <i>KENSLABS</i>                       | 23 |
| 3.3.7                     | <i>LGRAPH</i> atau <i>SGRAPH</i>                           | 24 |
| 3.3.8                     | <i>Contour</i>                                             | 24 |
| 3.4                       | Program <i>KENLAYER</i>                                    | 24 |
| 3.4.1                     | <i>File</i>                                                | 24 |
| 3.4.2                     | <i>General</i>                                             | 24 |
| 3.4.3                     | <i>Zcoord</i>                                              | 26 |
| 3.4.4                     | Layer                                                      | 26 |
| 3.4.5                     | <i>Interface</i>                                           | 27 |
| 3.4.6                     | Modul                                                      | 28 |
| 3.4.7                     | <i>Load</i>                                                | 28 |
| 3.5                       | Analisis Kerusakan Terhadap Perkerasan                     | 29 |
| 3.5.1                     | <i>Rutting</i>                                             | 29 |
| 3.5.2                     | <i>Fatigue Cracking</i>                                    | 29 |
| 3.5.3                     | <i>Permanent Deformation</i>                               | 30 |
| 3.6                       | Nilai Sisa Umur Layanan                                    | 31 |
| 3.7                       | Karakteristik Material <i>Elastic Layer</i>                | 31 |
| 3.8                       | Prosedur Menggunakan Program <i>KENPAVE</i>                | 31 |
| BAB IV METODE PENELITIAN  |                                                            | 34 |
| 4.2                       | Pengumpulan data                                           | 34 |
| 4.3                       | Lokasi Studi Kasus                                         | 34 |
| 4.4                       | Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir ( <i>Flow Chart</i> ). | 35 |
| BAB V ANALISIS PEMBAHASAN |                                                            | 37 |

|                             |                                                                          |     |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1                         | Data Penelitian                                                          | 37  |
| 5.1.1                       | Data karakteristik                                                       | 37  |
| 5.1.2                       | Data Lalu Lintas                                                         | 37  |
| 5.1.3                       | Data Tebal Perkerasan Eksisting                                          | 38  |
| 5.2                         | Evaluasi Perkerasan Lentur Eksisting Menggunakan Program KENPAVE         | 39  |
| 5.2.1                       | Evaluasi Perkerasan Eksisting Menggunakan Permodelan Elastik             | 40  |
| 5.3                         | Evaluasi Perkerasan Lentur Desain 1 Menggunakan Program KENPAVE          | 51  |
| 5.3.1                       | Evaluasi Perkerasan Lentur Desain 1 Menggunakan Program KENPAVE          | 51  |
| 5.4                         | Evaluasi Perkerasan Lentur Desain Alternatif Menggunakan Program KENPAVE | 64  |
| 5.4.1                       | Desain PERkerasan Lentur Desain Alternatif                               | 64  |
| 5.4.2                       | Evaluasi Perkerasan Lentur Desain Alternatif 1                           | 73  |
| 5.4.3                       | Evaluasi Perkerasan Lentur Desain Alternatif 2                           | 85  |
| 5.5                         | Pembahasan                                                               | 97  |
| 5.5.1                       | Desain Perkerasan Lentur Alternatif Metode Bina Marga 2024               | 97  |
| 5.5.2                       | Tebal Perkerasan yang Diperoleh Menggunakan Metode Bina Marga 2024       | 98  |
| 5.5.3                       | Regangan yang Dihasilkan Program KENPAVE                                 | 100 |
| 5.5.4                       | Perbandingan Umur Layanan                                                | 102 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN |                                                                          | 104 |
| 6.1                         | Kesimpulan                                                               | 104 |
| 6.2                         | Saran                                                                    | 105 |
| DAFTAR PUSTAKA              |                                                                          | 107 |
| LAMPIRAN                    |                                                                          | 109 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Lainnya Tentang Kinerja Perkerasan |    |
| Lentur Metode Bina Marga 2024 Menggunakan Program KENPAVE             | 9  |
| Tabel 3. 1 Umur rencana perkerasan jalan baru (UR)                    | 14 |
| Tabel 3. 2 Pemilihan Jenis Perkerasan                                 | 14 |
| Tabel 3. 3 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)                | 16 |
| Tabel 3. 4 Faktor Distribusi Lajur (DL)                               | 17 |
| Tabel 3. 5 Nilai VDF masing-masing Kendaraan Niaga                    | 18 |
| Tabel 3. 6 Nilai VDF pada Masing-masing Jenis Kendaraan Niaga         | 19 |
| Tabel 5.1 LHR Puncak-Linggarjati                                      | 37 |
| Tabel 5.2 Parameter Lapis Perkerasan                                  | 39 |
| Tabel 5.3 Data Input Pada MEnut General                               | 40 |
| Tabel 5.4 Detail Data Untuk Input Zcoord                              | 42 |
| Tabel 5.5 Parameter Perkerasan Untuk Input Layer                      | 43 |
| Tabel 5.6 Nilai Input Moduli                                          | 44 |
| Tabel 5.7 Koordinat Input NPT                                         | 46 |
| Tabel 5.8 Hasil Program KENPAVE                                       | 46 |
| Tabel 5.9 Rekapitulasi Output Program KENPAVE                         | 48 |
| Tabel 5.10 Hasil Analisis Perkerasan Lentur Ekisting                  | 50 |
| Tabel 5.11 Parameter Lapisan Perkerasan                               | 52 |
| Tabel 5.12 Data Input Pada Menu General                               | 53 |
| Tabel 5.13 Detail Data Untuk Input Zcoord                             | 55 |
| Tabel 5.14 Parameter Untuk Input Layer                                | 56 |
| Tabel 5.15 Nilai Input Moduli                                         | 57 |

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 5.16 Koordinat Input NPT                                          | 59  |
| Tabel 5.17 Hasil Program KENPAVE                                        | 60  |
| Tabel 5.18 Rekapitulasi Output Program KENPAVE                          | 61  |
| Tabel 5.19 Hasil Analisis Perkerasan Lentur Desain 1                    | 63  |
| Tabel 5.20 Nilai VDF (Vehicle Damage Factor) untuk perhitungan ESA      | 66  |
| Tabel 5.21 Rekapitulasi perhitungan Nilai ESAI                          | 68  |
| Tabel 5.22 Pemilihan Tipe Perkerasan Desain 1                           | 69  |
| Tabel 5.23 Desain Perkerasan Lentur                                     | 70  |
| Tabel 5.24 Desain Perkerasan Lentur AC dan CTB                          | 71  |
| Tabel 5.25 Parameter Lapisan Perkerasan                                 | 73  |
| Tabel 5.26 Data Input Pada Menu GeneralI                                | 75  |
| Tabel 5.27 Detail Data Untuk Input Zcoord                               | 76  |
| Tabel 5.28 Parameter Perkerasan Untuk Input Layer                       | 77  |
| Tabel 5.29 Nilai Input Moduli                                           | 78  |
| Tabel 5.30 Koordinat Input NPT                                          | 81  |
| Tabel 5.31 Hasil Analisis KENPAVE                                       | 82  |
| Tabel 5.32 Hasil Analisis Perkerasan Lentur Desain                      | 84  |
| Tabel 5.33 Parameter Lapisan Perkerasan                                 | 85  |
| Tabel 5.34 Data Input Pada Menu General                                 | 87  |
| Tabel 5.35 Detail Data Untuk Input Zcoord                               | 88  |
| Tabel 5.36 Parameter Perkeraasn Untuk Input layer                       | 89  |
| Tabel 5.37 Nilai Input Moduli                                           | 90  |
| Tabel 5.38 Koordinat Input NPT                                          | 92  |
| Tabel 5.39 Hasil Analisis KENPAVE                                       | 93  |
| Tabel 5.40 Hasil Analisis Perkerasan Lentur Desain 1                    | 96  |
| Tabel 5.41 Tebal Pada Setiap Lapisan Perkerasan                         | 98  |
| Tabel 5.42 Nilai Regangan Maksimum Pada Tiap Lapis Perkerasan Eksisting | 100 |

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 5.43 Nilai Regangan Maksimum Pada Tiap Lapis Perkerasan<br>Desain 1A | 100 |
| Tabel 5.44 Nilai Regangan Maksimum Pada Tiap Lapis Perkerasan<br>Desain 2A | 100 |
| Tabel 5.45 Nilai Regangan Maksimum Pada Tiap Lapis Perkerasan<br>Desain 1B | 100 |
| Tabel 5.46 Nilai Regangan Maksimum Pada Tiap Lapis Perkerasan<br>Desain 2B | 101 |
| Tabel 5.47 Nilai Layanan 20 Tahun Eksisting Dan Alternatif Desain          | 102 |
| Tabel 5.48 Hasil Umur Layanan Berdasarkan Kerusakan                        | 103 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 3. 1 Bagan Alir Manual Desain Perkerasan 2024              | 21 |
| Gambar 3. 2 Tampilan Awal Pada Program KENPAVE                    | 22 |
| Gambar 3. 3 Tampilan dari Menu General                            | 25 |
| Gambar 3. 4 Tampilan pada Menu Zcoord                             | 26 |
| Gambar 3. 5 Tampilan pada Menu Layer                              | 27 |
| Gambar 3. 6 Tampilan pada Menu Interface                          | 27 |
| Gambar 3. 7 Tampilan pada Menu Modul                              | 28 |
| Gambar 3. 8 Tampilan pada Menu Load                               | 29 |
| Gambar 3. 9 Prosedur Desain dengan Program KENPAVE                | 33 |
| Gambar 4. 1 Peta Lokasi Objek Penelitian                          | 35 |
| Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian                                 | 36 |
| Gambar 5.1 Tampilan Menu <i>Layernip</i>                          | 40 |
| Gambar 5.2 Tampilan Input Data Pada Menu General                  | 41 |
| Gambar 5.3 Kedalaman Titik Tinjauan Kerusakan                     | 42 |
| Gambar 5.4 Tampilan Menu Input Data <i>Zcoord</i>                 | 43 |
| Gambar 5.5 Tampilan Menu Input Data <i>Layer</i> Program KENVAPE  | 43 |
| Gambar 5.6 Tampilan Menu <i>Input Moduli</i>                      | 44 |
| Gambar 5.7 <i>Plan View of Multiple Wheels</i>                    | 45 |
| Gambar 5.8 Koordinat NPT                                          | 45 |
| Gambar 5.9 Tampilan Menu Input Data <i>Load</i>                   | 46 |
| Gambar 5.10 Tampilan Menu <i>Layernip</i>                         | 52 |
| Gambar 5.11 Tampilan Input Data Pada Menu General                 | 54 |
| Gambar 5.12 Kedalaman Titik Tinjauan Kerusakan                    | 54 |
| Gambar 5.13 Tampilan Menu Input Data <i>Zcoord</i>                | 55 |
| Gambar 5.14 Tampilan Menu Input Data <i>Layer</i> Program KENPAVE | 56 |
| Gambar 5.15 Tampilan Menu <i>Input Moduli</i>                     | 57 |
| Gambar 5.16 <i>Plan View of Multiple Wheels</i>                   | 58 |
| Gambar 5.17 Koordinat NPT                                         | 58 |

|             |                                                       |    |
|-------------|-------------------------------------------------------|----|
| Gambar 5.18 | Tampilan Menu Input Data <i>Load</i>                  | 59 |
| Gambar 5.19 | Tebal Perkerasan Desain Alternatif 1                  | 71 |
| Gambar 5.20 | Tebal Perkerasan Alternatif 2                         | 72 |
| Gambar 5.21 | Tampilan Menu <i>Layernip</i>                         | 74 |
| Gambar 5.22 | Tampilan Input Data Pada Menu General                 | 75 |
| Gambar 5.23 | Kedalaman Titik Tinjauan Kerusakan                    | 76 |
| Gambar 5.24 | Tampilan Menu Input Data <i>Zcoord</i>                | 77 |
| Gambar 5.25 | Tampilan Menu Input Data <i>Layer</i> Program KENVAPE | 78 |
| Gambar 5.26 | Tampilan Menu <i>Input Moduli</i>                     | 79 |
| Gambar 5.27 | <i>Plan View of Multiple Wheels</i>                   | 80 |
| Gambar 5.28 | Koordinas NPT                                         | 80 |
| Gambar 5.29 | Tampilan Menu Input Data <i>Load</i>                  | 81 |
| Gambar 5.30 | Tampilan Menu <i>Layernip</i>                         | 86 |
| Gambar 5.31 | Tampilan Input Data Pada Menu General                 | 87 |
| Gambar 5.32 | Kedalaman Titik Tinjauan Kerusakan                    | 88 |
| Gambar 5.33 | Tampilan Menu Input Data <i>Zcoord</i>                | 89 |
| Gambar 5.34 | Tampilan Menu Input Data <i>Layer</i> Program KENPAVE | 90 |
| Gambar 5.35 | Tampilan Menu <i>Input Moduli</i>                     | 91 |
| Gambar 5.36 | <i>Plan View of Multiple Wheels</i>                   | 92 |
| Gambar 5.37 | Koordinat NPT                                         | 92 |
| Gambar 5.38 | Tampilan Menu Input Data <i>Load</i>                  | 93 |
| Gambar 5.39 | Desain Perkerasan Alternatif 1A                       | 97 |
| Gambar 5.40 | Desain Perkerasan Alternatif 2A                       | 97 |
| Gambar 5.41 | Perbandingan Tebal Perkerasan                         | 99 |

## DAFTAR NOTASI

|          |                                                                         |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|
| STA      | = Stasiun                                                               |
| AASHTO   | = American Association of State Highway and Transportation<br>Officials |
| AC-WC    | = Asphalt Concrete-Wearing Course(Lapis permukaan)                      |
| AC-BC    | = Asphalt Concrete-Binder Course(Lapis pondasi)                         |
| cm       | = Sentimeter                                                            |
| m        | = Meter                                                                 |
| kg       | = Kilogram                                                              |
| CTB      | = Cement Treated Base                                                   |
| ESAL     | = Equivalent Standard Axle Load (Ekuivalen Sumbu Tunggal<br>Standar)    |
| CBR      | = California Bearing Ratio                                              |
| R        | = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas                                |
| i        | = Tingkat pertumbuhan tahunan (%)                                       |
| UR       | = Umur Rencana (tahun)                                                  |
| CESAL    | = Cumulative Equivalent Single Axle Load                                |
| LHRT     | = Lalu lintas Harian Rata-rata Tahunan                                  |
| ESA      | = Equivalent Standard Axle                                              |
| VDF      | = Vehicle Damage Factor                                                 |
| E        | = Modulus Elastisitas (kPa)                                             |
| $\mu$    | = Angka Poisson's Ratio                                                 |
| $\tau$   | = Tegangan geser                                                        |
| $\sigma$ | = Tegangan normal                                                       |
| P        | = Beban terpusat roda                                                   |
| kPa      | = Kilo Pascal                                                           |
| Psi      | = Pound Per Square Inch (Pon per inci persegi)                          |

|              |                                                                                                 |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Inch         | = Inchi                                                                                         |
| Lbs          | = Pound (Pon)                                                                                   |
| $q$          | = Tekanan beban (kPa/Psi)                                                                       |
| $d$          | = Jarak antar roda ganda                                                                        |
| $\epsilon_t$ | = Regangan tarik horisontal                                                                     |
| $\epsilon_c$ | = Regangan tekan vertikal                                                                       |
| $N_f$        | = Jumlah nilai repetisi beban yang diizinkan untuk mengontrol rutting dan permanent deformation |
| $N_d$        | = Traffic Multiplier                                                                            |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

|                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran 1 Output KENPAVE Perkerasan Desain 1 Permodelan Elastik               | 110 |
| Lampiran 2 Output KENPAVE Perkerasan Desain 2 Permodelan Elastik               | 112 |
| Lampiran 3 Output KENPAVE Perkerasan Alternatif Desain 1<br>Permodelan Elastik | 114 |
| Lampiran 4 Output KENPAVE Perkerasan Desain 2 Permodelan Elastik               | 116 |

## ABSTRAK

Jalan Ring Road Puncak–Linggarjati Kabupaten Kuningan merupakan jalur strategis dengan beban lalu lintas yang tinggi sehingga berpotensi mengalami kerusakan pada perkerasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tebal lapis perkerasan berdasarkan metode Bina Marga 2024, menganalisis tegangan, regangan, serta memprediksi kerusakan akibat beban lalu lintas, serta membandingkan umur pelayanan jalan eksisting dan desain alternatif.

Metode penelitian dilakukan dengan menghitung alternatif desain menggunakan MDPJ 2024 dan membandingkannya dengan desain eksisting, sedangkan analisis tegangan, regangan, dan prediksi kerusakan dilakukan menggunakan program KENPAVE.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain alternatif memiliki tebal lapis AC adalah 40 mm, BC adalah 65 mm, dan LFA adalah 200 mm dan analisis KENPAVE menunjukkan bahwa desain alternatif menghasilkan nilai tegangan 149,917 kPa dan nilai tegangan 0,0003056 serta prediksi umur pelayanan desain alternatif dengan umur pelayanan 22 tahun. Dengan demikian bahwa konstruksi perkerasan cukup andal untuk menahan beban lalu lintas rencana. Temuan ini mengindikasikan bahwa desain alternatif tidak hanya memenuhi persyaratan teknis, tetapi juga memberikan kinerja yang baik dalam jangka waktu pelayanan yang relative Panjang. Oleh karena itu, hasil penelitian ini dapat dijadikan salah satu acuan dalam pemilihan desain perkerasan yang efisien, ekonomis, dan berkelanjutan

**Kata kunci:** MDPJ 2024, KENPAVE, tebal lapis perkerasan, prediksi kerusakan, umur pelayanan jalan.

## ABSTRAK

The Puncak–Linggarjati Ring Road in Kuningan Regency is a strategic route with high traffic loads, which increases the risk of premature pavement damage. This study aims to determine the pavement thickness based on the 2024 Bina Marga method, analyze stress and strain, predict potential damages due to traffic loads, and compare the service life between the existing and alternative designs.

The research method was carried out by calculating alternative pavement designs using the 2024 Pavement Design Method (MDPJ) and comparing them with the existing design based on the 2017 MDPJ. Stress, strain, and damage prediction analyses were conducted using the KENPAVE program.

The results showed that the alternative design had an AC layer thickness of 40 mm, a BC layer thickness of 65 mm, and an LFA layer thickness of 200 mm. The KENPAVE analysis showed that the alternative design produced a stress value of 149.917 kPa and a strain value of 0.0003056, with a predicted service life of 22 years. Thus, the pavement construction is sufficiently reliable to withstand the planned traffic load. These findings indicate that the alternative design not only meets technical requirements but also provides good performance over a relatively long service life. Therefore, the results of this study can be used as a reference in selecting an efficient, economical, and sustainable pavement design.

**Keywords:** MDPJ 2024, KENPAVE, pavement thickness, damage prediction, service life.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar belakang**

Infrastruktur jalan merupakan salah satu komponen vital dalam mendukung pertumbuhan ekonomi dan sosial masyarakat. Di wilayah Kabupaten Kuningan, Provinsi Jawa Barat, Jalan Ring Road Puncak – Linggarjati memegang peranan penting sebagai jalur penghubung strategis antara kawasan wisata, pusat perdagangan, serta daerah pemukiman. Jalan ini juga merupakan jalur alternatif yang mampu mengurangi kepadatan lalu lintas di pusat kota, terutama pada akhir pekan dan musim liburan.

Seiring meningkatnya volume lalu lintas kendaraan, terutama kendaraan berat, serta kondisi geografis wilayah yang berbukit dan curah hujan tinggi, jalan ini mengalami penurunan kualitas yang cukup signifikan. Gejala kerusakan seperti retak buaya (alligator cracking), lubang (potholes), deformasi (rutting), dan pengelupasan lapis permukaan sering ditemukan di beberapa segmen jalan. Hal ini tidak hanya berdampak pada kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan, tetapi juga menambah beban biaya pemeliharaan rutin bagi pemerintah daerah. Situasi sebelumnya di lokasi yang sama dengan MDPJ 2017.

Desain perkerasan yang digunakan sebelumnya cenderung bersifat konvensional dan tidak selalu mempertimbangkan karakteristik lokal, seperti jenis tanah dasar (subgrade), intensitas hujan, dan beban lalu lintas. Oleh karena itu, diperlukan kajian ulang terhadap desain struktur perkerasan jalan tersebut, guna menghasilkan alternatif desain yang lebih optimal dan tahan lama.

Setiap tahun, jalan mengalami peningkatan arus dan volume lalu lintas. Dalam mendukung Program Pemerintah terkait Potensi Pengembangan Wilayah sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah dalam pembangunan ruas jalan wisata yang menghubungkan objek-objek wisata maka diperlukan perencanaan pembuatan jalan. Hal ini bertujuan untuk mempermudah akses dari suatu daerah ke daerah lain. Novriani dkk (2024) telah melakukan penelitian Manual Desain

Perkerasan Jalan 2017 dengan beberapa output untuk mengetahui tebal dari masing-masing lapisan perkerasan dan material lapisan yang digunakan.

Pelaksanaan untuk desain perkerasan lentur dibutuhkan survei lalu lintas yaitu jenis-jenis kendaraan dan volume kendaraan. Jenis kendaraan tersebut akan menentukan ketebalan yang dibutuhkan dan data tanah juga akan berpengaruh pada lapis pondasi. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data survei lalu lintas dan data CBR lapangan. Lokasi penelitian berada di Kabupaten Kuningan. Nilai R berdasarkan pertumbuhan laju lalu lintas tahunan didapat sebesar 28,280. Hasil dari nilai CESAL5 diatas maka nilai ESA (juta) dalam 20 tahun adalah 1,2 dengan struktur perkerasan AC tebal  $\geq 100$  mm dengan lapis pondasi berbutir (ESA pangkat 5). Pada struktur pondasi perkerasan desain didapat kelas kekuatan tanah dasar SG4 karena nilai CBR desain tanah dasar seragam di lapangan yaitu 3,9% yang dibulatkan 4,0% maka kelas kekuatan tanah dasar SG4 dengan CESAL5 yaitu  $1.32E+06$  memerlukan perbaikan sebesar 100 mm. Berdasarkan data jumlah lalulintas harian rata-rata tahunan pada umur rencana 20 tahun yang didapat yaitu sebesar  $1.32E+06$  CESAL5. Struktur lapisan perkerasan pada AC WC setebal 4 cm, untuk AC BC setebal 6 cm, LFA Kelas A yang digunakan setebal 40 cm dan perbaikan tanah dasar setebal 10 cm.

Seiring dengan perkembangan teknologi, pemanfaatan perangkat lunak seperti KENPAVE dapat membantu dalam menganalisis performa perkerasan secara lebih akurat, terutama terhadap kerusakan akibat beban berulang (fatigue cracking) dan deformasi permanen (rutting). Melalui simulasi dan analisis menggunakan program KENPAVE, prediksi umur pakai jalan dapat dihitung secara lebih sistematis berdasarkan beban lalu lintas, modulus elastisitas tiap lapisan, dan karakteristik perkerasan lainnya.

Dengan demikian, penulis melakukan penelitian Alternatif Desain MDPJ 2024 dan Prediksi Kerusakan Menggunakan Program KENPAVE Pada Jalan Ring Road Puncak – Linggarjati Kabupaten Kuningan, Jawa Barat untuk menghitung tebal lapis perkerasan, nilai tegangan – regangan, prediksi kerusakan yang terjadi akibat beban lalu lintas dan prediksi umur pelayanan jalan serta desain alternatifnya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang menjadi dasar penelitian ini berdasarkan uraian latar belakang diatas adalah sebagai berikut.

1. Berapa tebal lapis perkerasan Jalan Puncak-Linggarjati jika di hitung dengan metode Bina Marga 2024?
2. Berapa nilai tegangan, regangan dan prediksi kerusakan yang terjadi akibat beban lalu lintas menggunakan program *KENPAVE*?
3. Bagaimana prediksi umur pelayanan jalan eksisting dan desain alternatif?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui tebal lapis perkerasan Jalan Puncak-Linggarjati dari metode Bina Marga 2024?
2. Mengetahui nilai tegangan, regangan dan prediksi kerusakan yang terjadi akibat beban lalu lintas.
3. Mengetahui prediksi umur pelayanan jalan eksisting dan desain alternatif

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pembaca dalam melakukan perencanaan pemeliharaan jalan.
2. Menjadikan dasar pertimbangan bagi pemerintah daerah dalam pengambilan keputusan teknis dan alokasi anggaran untuk perbaikan atau pembangunan jalan yang lebih efisien dan berkelanjutan.
3. Meningkatkan kenyamanan, keamanan, dan efisiensi transportasi pada ruas jalan strategis yang sering dilalui masyarakat lokal maupun wisatawan.

### **1.5 Batasan Penelitian**

Penelitian ini memiliki batasan-batasan sebagai acuan untuk memperjelas dan mempermudah dalam melakukan analisis yang telah dirumuskan sebagai berikut.

1. Lokasi penelitian yang diteliti adalah Jalan Ring Road Puncak – Lingarjati, Kabupaten Kuningan, Jawa Barat
2. Perhitungan dalam mencari respon tegangan dan regangan perkerasan lentur untuk analisis kerusakan dan kinerja perkerasan menggunakan metode mekanistik-empiris program KENPAVE dengan pemodelan Elastik.
3. Evaluasi penentuan umur rencana pelayanan jalan dalam menahan setiap kerusakan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024.
4. Perhitungan dalam desain tebal perkerasan alternatif menggunakan metode Bina Marga 2024 dan tidak mempertimbangkan nilai CBR.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kinerja Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2024**

Desain perkerasan lentur merupakan metode yang digunakan untuk menentukan ketebalan perkerasan yang direncanakan, dengan tujuan agar hasil perhitungan memiliki kekuatan yang memadai dalam menahan beban lalu lintas harian rata-rata. Hasil perhitungan ini juga dapat menjadi acuan evaluasi di masa mendatang, sehingga perencanaan tebal lapisan perkerasan dapat disesuaikan sebagai alternatif berdasarkan standar Bina Marga 2024.

Arrahman. (2023) melakukan analisis evaluasi kinerja perkerasan lentur dan nilai sisa berdasarkan metode Bina Marga 2017 menggunakan program KENPAVE. Analisis evaluasi yang bertujuan mengevaluasi perkerasan eksisting dan mengusulkan beberapa alternatif perkerasan dengan menggunakan Lapis Fondasi Agregat (LFA) kelas A dan perpaduan LFA kelas A dengan *Cement Treated Base* (CTB) pada bagian *base course* dan *sub base course* dengan menggunakan metode Bina Marga 2017 yang dikontrol dengan program KENPAVE pendekatan elastik untuk mengetahui nilai tegangan dan regangan yang terjadi serta memperkirakan umur perkerasan dan nilai sisa. Penelitian ini memanfaatkan data ketebalan perkerasan eksisting yang kemudian direncanakan ulang menggunakan metode Bina Marga 2017, dengan analisis dikontrol melalui program KENPAVE untuk memperoleh nilai tegangan dan regangan. Nilai regangan tersebut digunakan sebagai dasar dalam memprediksi umur layan perkerasan dan sisa masa layannya. Pemodelan berdasarkan metode Bina Marga 2017 ini dilakukan dengan dua skenario material dan variasi ketebalan yang berbeda. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode Bina Marga 2017 dengan analisis melalui KENPAVE, diperoleh desain perkerasan dengan empat lapisan yang ketebalannya bervariasi pada setiap skenario. Ketebalan terbesar ditemukan pada skenario 1A, sedangkan ketebalan terkecil terdapat pada alternatif skenario 1B dan 2B. Nilai regangan pada perkerasan eksisting tercatat lebih tinggi dibandingkan

dengan keempat alternatif desain ketebalan lainnya.

Pambudi. (2021) melakukan analisis evaluasi perancangan struktur perkerasan dengan metode Bina Marga 2017 dan program KENPAVE menggunakan pendekatan elastik dan viskoelastik. Penelitian ini menggunakan metode Bina Marga 2017 yang dievaluasi menggunakan KENPAVE dengan pendekatan elastis dan viskoelastik untuk mengetahui nilai tegangan-regangan yang terjadi akibat beban lalu lintas dan untuk memprediksi kerusakan yang terjadi. Bertujuan untuk dapat membantu menentukan tebal lapis perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2017 dibantu dengan program KENPAVE. Berdasarkan hasil analisis respon tegangan-regangan maksimum dari keempat rancangan yang diuji menggunakan KENPAVE, diketahui bahwa pendekatan elastik menghasilkan nilai tegangan yang lebih rendah dibandingkan pendekatan viskoelastik. Pada perencanaan perkerasan Bina Marga, tebal Ac-Wc 4 cm, Ac-Bc 6 cm, Ac-base 7,5 cm, CTB 15 cm, dan LPA kelas A 15 cm. Tegangan pada retak lelah dengan pendekatan elastis adalah 0,000158 Kpa, sedangkan pendekatan viskoelastik adalah 0,000159 Kpa. Ruting damage dengan pendekatan elastis adalah 0,000237 Kpa sedangkan pendekatan viskoelastik adalah 0,000238 Kpa.

Novriani dkk. (2024) melakukan analisis perkerasan lentur menggunakan MDPJ 2017 berdasarkan umur rencana di Jawa Barat. Bertujuan untuk mempermudah akses dari suatu daerah ke daerah lain. Analisa yang dilakukan menggunakan pedoman Manual Desain Perkerasan 2017. Hasil dari nilai CESAL5 diatas maka nilai ESA (juta) dalam 20 tahun adalah 1,2 dengan struktur perkerasan AC tebal  $\geq 100$  mm dengan lapis pondasi berbutir (ESA pangkat 5). Pada struktur pondasi perkerasan desain didapat kelas kekuatan tanah dasar SG4 karena nilai CBR desain tanah dasar seragam di lapangan yaitu 3,9% yang dibulatkan 4,0% maka kelas kekuatan tanah dasar SG4 dengan CESAL5 yaitu  $1.32E+06$  memerlukan perbaikan sebesar 100 mm. Berdasarkan data jumlah lalulintas harian rata-rata tahunan pada umur rencana 20 tahun yang didapat yaitu sebesar  $1.32E+06$  CESAL5. Struktur lapisan perkerasan pada AC WC setebal 4 cm, untuk AC BC setebal 6 cm, LFA Kelas A yang digunakan setebal 40 cm dan perbaikan tanah dasar setebal 10 cm.

## 2.2 Evaluasi Kerusakan Jalan Menggunakan Program KANPAVE

Program KENPAVE merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk mempermudah analisis perkerasan jalan dengan pendekatan mekanistik-empiris. Hasil analisis dari program ini sangat dipengaruhi oleh ketepatan data yang dimasukkan saat proses perhitungan, menghasilkan output berupa nilai tegangan dan regangan pada struktur perkerasan, yang kemudian digunakan untuk memperkirakan umur layan jalan dalam menahan kerusakan seperti *fatigue cracking*, *rutting*, dan deformasi permanen. Prediksi tersebut dilakukan berdasarkan nilai CESA (*Cumulative Equivalent Standard Axle*), yaitu jumlah kumulatif beban sumbu kendaraan standar yang diperkirakan melewati perkerasan. Dalam penggunaannya, KENPAVE memungkinkan pemodelan perkerasan dengan dua pendekatan, yaitu model elastis dan viskoelastis.

Panjogo. (2024) melakukan analisis evaluasi kerusakan jalan dan kinerja jalan menggunakan program KENPAVE dengan permodelan elastik dan viskoelastik pada ruas Jalan Klangon-Tempel Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi perkerasan jalan serta menyajikan alternatif desain perkerasan yang memiliki kinerja memadai dan mampu menahan beban lalu lintas secara optimal. Dalam penelitian ini, evaluasi kondisi perkerasan jalan dilakukan. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa perkerasan jalan yang ada tidak mampu menahan beban lalu lintas selama umur rencana 10 tahun, sehingga diperlukan perencanaan desain alternatif. Berdasarkan metode Bina Marga 2024, diperoleh dua opsi desain tebal perkerasan, yaitu perkerasan aspal dengan lapisan pondasi berbutir serta perkerasan dengan lapisan CTB. Pada perkerasan eksisting, hasil analisis menunjukkan bahwa pemodelan elastis menghasilkan umur pelayanan jalan yang lebih panjang dibandingkan dengan pemodelan viskoelastis.

Novriani dkk (2024) telah melakukan penelitian Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dengan beberapa output untuk mengetahui tebal dari masing-masing lapisan perkerasan dan material lapisan yang digunakan.

Irvan. (2025) Melakukan analisis evaluasi kondisi perkerasan dan prediksi nilai sisa pada Jalan Hertasning – Jalan Yasin Limpo Kota Makassar. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kerusakan pada Jalan Hertasning hingga

Yasin Limpo, menentukan nilai PCI, serta menghitung kebutuhan tebal lapisan tambahan pada kondisi perkerasan eksisting menggunakan metode Bina Marga 2024. Penelitian ini juga menganalisis tegangan dan regangan pada perkerasan eksisting maupun perkerasan dengan lapisan tambahan menggunakan program KENPAVE, serta memperkirakan sisa umur rencana pada ruas jalan tersebut. Metode penelitian ini menggunakan data primer yang meliputi identifikasi jenis kerusakan melalui survei lapangan serta pengukuran tebal lapisan perkerasan eksisting dengan pengujian *test-pit* aspal. Data sekunder diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Makassar. Evaluasi kondisi jalan terlebih dahulu menggunakan metode PCI sebelum perhitungan tebal perkerasan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi Jalan Hertasning – Jalan Yasin Limpo berada pada kategori sedang (*fair*), dengan nilai PCI tertinggi 77 (kategori *excellent*) dan terendah 22 (kategori *very poor*). Berdasarkan perhitungan menggunakan metode Bina Marga 2017, kebutuhan tebal lapisan perkerasan terdiri atas AC-WC setebal 4 cm, AC-BC 6 cm, AC-Base 8 cm, Lapis Pondasi Kelas A 30 cm, serta Lapis Pondasi tambahan Kelas S 20 cm.

Utami. (2022) melakukan evaluasi kondisi perkerasan dan prediksi sisa umur dengan metode PCI dan metode mekanistik-empirik dengan program KENPAVE pada ruas jalan batas. Kab. Kampar - batas. Kota Bangkinang (Sta.12+000-Sta.14+000). Penelitian ini bertujuan untuk menilai kondisi perkerasan menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI), menganalisis respons tegangan dan regangan akibat beban lalu lintas melalui pendekatan mekanistik-empiris, memperkirakan sisa umur layan perkerasan. Menggunakan data primer berupa hasil survei kerusakan pada ruas Jalan Batas Kab. Kampar – Batas Kota Bangkinang (Sta 12+000 – Sta 14+000) dan data sekunder dari Satker P2JN Provinsi Riau (data perkerasan, ketebalan, dan LHR 2019–2021). Hasil analisis PCI menunjukkan jalan tergolong sedang dengan nilai rata-rata 53,35, nilai tertinggi 80 (*very good*), dan terendah 24 (*very poor*). Kerusakan dominan adalah retak kulit buaya sebesar 11,61%. Analisis KENPAVE menunjukkan regangan untuk *fatigue cracking* 0,00004885 (41,04 miliar ESAL), *rutting* 0,0002135 (34,89 juta ESAL), dan deformasi permanen 0,0001669 (104,89 juta ESAL).

**Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Lainnya Tentang Kinerja Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2024 Menggunakan Program KENPAVE**

| <b>Peneliti</b>         | Panjogo<br>(2024)                                                                                                                                           | Irvan<br>(2024)                                                                                              | Utami<br>(2022)                                                                                                                                                                                          | Novriani dkk<br>(2024)                                                          | Arrahman<br>(2023)                                                                                                                                                               | Pambudi<br>(2021)                                                                                                                          | Habib<br>(2025)                                                                                                   |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Judul Penelitian</b> | Evaluasi kerusakan jalan dan kinerja jalan menggunakan program KENPAVE dengan permodelan elastik dan viskoelastik pada ruas Jalan Klangon-Tempel Yogyakarta | Evaluasi kondisi perkerasan dan prediksi nilai sisa pada Jalan Hertasning – Jalan Yasin Limpo Kota Makassar. | Evaluasi kondisi perkerasan dan prediksi sisa umur dengan metode PCI dan metode mekanistik-empirik dengan program KENPAVE pada Ruas Jalan Bts. Kab.Kampar- Bts. Kota Bangkinang (Sta.12+000-Sta.14+000). | Perkerasan lentur menggunakan MDPJ 2017 berdasarkan umur rencana di Jawa Barat. | Evaluasi kinerja perkerasan lentur dan nilai sisa berdasarkan metode Bina Marga 2017 menggunakan program KENPAVE pada ruas Jalan Tawang – Ngalang segmen 1 STA 0+000 – STA 1+950 | Evaluasi Perancangan Struktur Perkerasan Dengan Metode Bina Marga 2017 Dan Program KENPAVE menggunakan Pendekatan elastik dan viskoelastik | Alternatif desain dan prediksi kerusakan pada Jalan Ring Road puncak – Linggarjati Kabupaten Kuningan, Jawa Barat |

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Lainnya Tentang Kinerja Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2024**  
**Menggunakan Program KENPAVE**

| <b>Peneliti</b>          | <b>Panjogo<br/>(2024)</b>                                                                                                                                                            | <b>Irvan<br/>(2024)</b>                                                                                                       | <b>Utami<br/>(2022)</b>                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Novrianti dkk<br/>(2024)</b>                                     | <b>Arrahman<br/>(2023)</b>                                                                                                                                                                                     | <b>Pambudi<br/>(2021)</b>                                                                                                                                     | <b>Habib<br/>(2025)</b>                                                                                                          |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tujuan Penelitian</b> | Bertujuan untuk menganalisis kondisi perkerasan jalan serta menyajikan alternatif desain perkerasan yang memiliki kinerja memadai dan mampu menahan beban lalu lintas secara optimal | Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kerusakan pada Jalan Hertasning hingga Yasin Limpo, menentukan nilai PCI. | Bertujuan untuk menilai kondisi perkerasan menggunakan metode <i>Pavement Condition Index</i> (PCI), menganalisis respons tegangan dan regangan akibat beban lalu lintas melalui pendekatan mekanistik-empiris serta memperkirakan sisa umur layanan perkerasan | Bertujuan untuk mempermudah akses dari suatu daerah ke daerah lain. | Memperkirakan hasil tebal lapis perkerasan Jalan Tawang-Ngalang segmen I dengan menggunakan metode Bina Marga 2017 serta dapat menentukan alternatif tebal perkerasan yang paling optimal dan dapat diterapkan | Mengetahui tegangan dan regangan pada eksisting dan struktur perkerasan alternatif menggunakan program KENPAVE menggunakan permodelan elatik dan viskoelastik | Mengetahui perbandingan kerusakan dan perkerasan antara permodelan elastik berdasarkan metode mekanistik-empiris program KENPAVE |

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Lainnya Tentang Kinerja Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2024  
Menggunakan Program KENPAVE**

| Peneliti                 | Panjogo<br>(2024)                                                                                                                 | Irvan<br>(2024)                                                                                                                                                                                         | Utami<br>(2022)                                                              | Novriani dkk<br>(2024)                                                    | Arrahman<br>(2023)                                                                                                                  | Pambudi<br>(2021)                                                                            | Habib<br>(2025)                                                |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>Metode<br/>Desain</b> | Mengetahui perbandingan kerusakan dan perkerasan antara permodelan elastik berdasarkan metode mekanistik-empiris program KENPAVE. | Menggunakan metode Bina Marga 2024. selain itu, penelitian ini juga menganalisis tegangan dan regangan pada perkerasan eksisting maupun perkerasan dengan lapisan tambahan menggunakan program KENPAVE, | Menggunakan metode PCI dan metode mekanistik-empirik dengan program KENPAVE. | Analisa yang dilakukan menggunakan pedoman Manual Desain Perkerasan 2017. | Melakukan analisis evaluasi kinerja perkerasan lentur dan nilai sisa berdasarkan metode Bina Marga 2017 menggunakan program Kenpave | Metode Bina Marga 2017 dan program <i>KENPAVE</i> dengan pendekatan elastic dan viskoelastik | Metode mekanistik-empiris program KENPAVE dan Bina Marga 2024. |

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Lainnya Tentang Kinerja Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2024**  
**Menggunakan Program KENPAVE**

| <b>Peneliti</b>         | Panjogo<br>(2024)                                                                                                                                                 | Irvan<br>(2024)                                                                                                                                                                                                     | Utami<br>(2022)                                                                                                                                                                                                                                                                               | Novriani dkk<br>(2024)                                                                                                                                                          | Arrahman<br>(2023)                                                                                                                                                                                                                                       | Pambudi<br>(2021)                                                                                                      | Habib<br>(2025)                                                           |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>Hasil Penelitian</b> | Hasil penelitian perkerasan jalan yang ada tidak mampu menahan beban lalu lintas selama umur rencana 10 tahun, sehingga diperlukan perencanaan desain alternatif. | Hasil penelitian kondisi Jalan Hertasning – Jalan Yasin Limpo berada pada kategori sedang ( <i>fair</i> ), dengan nilai PCI tertinggi 77 (kategori <i>excellent</i> ) dan terendah 22 (kategori <i>very poor</i> ). | Kerusakan dominan adalah retak kulit buaya ( <i>alligator cracking</i> ) sebesar 11,61%. Analisis KENPAVE menunjukkan regangan untuk <i>fatigue cracking</i> 0,00004885 (41,04 miliar ESAL), <i>rutting</i> 0,0002135 (34,89 juta ESAL), dan deformasi permanen 0,0001669 (104,89 juta ESAL). | Hasil dari nilai CESAL5 diatas maka nilai ESA (juta) dalam 20 tahun adalah 1,2 dengan struktur perkerasan AC tebal $\geq 100$ mm dengan lapis pondasi berbutir (ESA pangkat 5). | Ketebalan terbesar ditemukan pada skenario 1A, sedangkan ketebalan terkecil terdapat pada alternatif skenario 1B dan 2B. Nilai regangan pada perkerasan eksisting tercatat lebih tinggi dibandingkan dengan keempat alternatif desain ketebalan lainnya. | tegangan regangan maksimum yaitu nilai regangan pada kerusakan fatigue dengan pendekatan elastik sebesar 0,000158 Kpa. | Hasil penelitian menggunakan Bima Marga 2024 dan aplikasi program Kenpave |

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Desain Tebal Perkerasan dengan Metode Bina Marga 2024**

Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024 memuat ketentuan teknis terkait proses perancangan perkerasan jalan. Dokumen ini diberlakukan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga sejak tahun 2024 melalui Surat Edaran (SE) Nomor 03/M/BM/2024, sekaligus mencabut keberlakuan SE Nomor 04/SE/Db/2017. Metode Bina Marga 2024 hadir sebagai penyempurnaan dari pedoman desain perkerasan 2017 dengan penekanan pada penetapan umur rencana, pemilihan material yang sesuai, pengaruh temperatur, analisis beban sumbu, serta penyesuaian terhadap faktor iklim. Pedoman ini merupakan hasil revisi dan pengembangan dari ketentuan tahun 2017."

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

##### **3.1.1 Umur Rencana**

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

**Tabel 3. 1 Umur rencana perkerasan jalan baru (UR)**

| Jenis Perkerasan    | Elemen Perkerasan                                                                                                                               | Umur Rencana (tahun) <sup>1</sup> |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Perkerasan lentur   | Lapis aspal dan lapisan berbutir.                                                                                                               | 20                                |
|                     | Lapis fondasi jalan                                                                                                                             | 40                                |
|                     | Semua perkerasan untuk lokasi yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti: jalan perkotaan, underpass, jembatan, dan terowongan. |                                   |
|                     | Lapis Fondasi Berpengikat Semen, Cement Treated Based (CTB).                                                                                    |                                   |
| Perkerasan kaku     | Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan                                                                   |                                   |
| Jalan tanpa penutup | Semua elemen (termasuk fondasi jalan)                                                                                                           | 10                                |

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2024)

### 3.1.2 Pemilihan Struktur Perkerasan

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

**Tabel 3. 2 Pemilihan Jenis Perkerasan**

| Struktur Perkerasan             | Bagan Desain | ESA5 (juta) dalam 20 tahun |     |      |        |     |
|---------------------------------|--------------|----------------------------|-----|------|--------|-----|
|                                 |              | 0-1                        | 1-4 | 4-10 | >10-30 | >30 |
| Ac modifikasi                   | 3, 3A, 3B    | -                          | -   | -    | -      | 2   |
| Ac dengan CTB                   |              |                            |     |      | 2      | -   |
| Ac modifikasi dengan CTB        |              |                            |     |      | -      | 2   |
| Ac dengan lapis fondasi agregat | 3, 3A, 3B    | -                          | 1,2 | 1,2  | 2      | -   |

| <b>Lanjutan Tabel 3.2 Pemilihan Jenis Perkerasan</b>                                     |                         |                                   |            |             |                  |               |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|------------|-------------|------------------|---------------|
| <b>Struktur Perkerasan</b>                                                               | <b>Bagan<br/>Desain</b> | <b>ESA5 (juta) dalam 20 tahun</b> |            |             |                  |               |
|                                                                                          |                         | <b>0-1</b>                        | <b>1-4</b> | <b>4-10</b> | <b>&gt;10-30</b> | <b>&gt;30</b> |
| HRS tipis di atas lapis fondasi agregat                                                  | 4                       | 2                                 | 2          | -           | -                | -             |
| Burda atau Burtu dengan lapis fondasi agregat                                            | 5                       | 3                                 | 3          | -           | -                | -             |
| AC/HRS dengan lapis fondasi Soil Cement                                                  | 6                       | 2                                 | 2          | -           | -                | -             |
| AC/HRS dengan lapis fondasi agregat dan perbaikan tanah dasar (dengan stabilisasi semen) | 7                       | 2                                 | 2          | -           | -                | -             |
| Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat                                                 | 8                       | -                                 | -          | -           | 2                | 2             |
| Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah                                                | 8A                      | -                                 | -          | 1,2         | -                | -             |
| Perkerasan tanpa penutup (Japat dan jalan kerikil)                                       | 9                       | 1                                 | -          | -           | -                | -             |

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2024)

### 3.1.3 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

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

**Tabel 3. 3 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)**

|                      | <b>Jawa</b> | <b>Sumatera</b> | <b>Kalimantan</b> | <b>Rata-rata<br/>Indonesia</b> |
|----------------------|-------------|-----------------|-------------------|--------------------------------|
| Arteri dan perkotaan | 4,80        | 4,83            | 5,14              | 4,75                           |
| Kolektor rural       | 3,50        | 3,50            | 3,50              | 3,50                           |
| Jalan desa           | 1,00        | 1,00            | 1,00              | 1,00                           |

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2024)

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dapat dihitung menggunakan sebuah 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,

i = tingkat pertumbuhan tahunan (%) dan

UR = umur rencana (tahun).

#### 3.1.4 Faktor Distribusi Lajur

Lajur rencana adalah salah satu bagian lajur lalu lintas pada suatu ruas jalan yang dirancang untuk menampung pergerakan kendaraan niaga. Perhitungan lajur ini mempertimbangkan faktor distribusi (DD) serta distribusi laju kendaraan niaga (DL), yang dihitung berdasarkan kumulatif beban gandar standar (ESA).

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Untuk jalan dua arah, umumnya digunakan nilai 0,50 sebagai faktor distribusi arah (DD). Rincian faktor distribusi dapat dilihat pada Tabel 3.4.

**Tabel 3. 4 Faktor Distribusi Lajur (DL)**

| <b>Jumlah Lajur Tiap Arah</b> | <b>Kendaraan Niaga Pada Lajur Desain (% Terhadap Populasi Kendaraan Niaga)</b> |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1                             | 100                                                                            |
| 2                             | 80                                                                             |
| 3                             | 60                                                                             |
| 4                             | 50                                                                             |

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2024)

### 3.1.5 Data Lalu Lintas

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

### 3.1.6 Beban Lalu Lintas

Setiap ruas jalan menerima volume lalu lintas yang membebani lapisan permukaan secara berulang sepanjang umur rencana. Beban tersebut dihitung sebagai nilai kumulatif dengan mempertimbangkan faktor ekuivalen beban. Persamaan perhitungannya dapat dilihat pada Persamaan 3.2.

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

### 3.1.7 Faktor Ekuivalen Beban

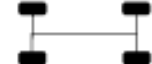
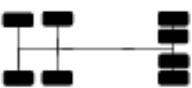
Dalam perancangan perkerasan, beban lalu lintas dikonversi menjadi beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban (Vehicle Damage Factor atau VDF). Hasil perhitungan ESA yang tepat bergantung pada survei yang disusun dan dilaksanakan secara baik. Apabila survei beban gandar tidak dapat dilakukan langsung di lapangan oleh perencana atau data beban gandar dari tahun-tahun sebelumnya tidak ada, maka penentuan nilai VDF pada Tabel 3.5 dan 3.6.

Tabel 3. 5 Nilai VDF masing-masing Kendaraan Niaga

| 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 |       |
|                 | VDF 4        | VDF 5 | VDF 4  | VDF 5 | VDF 4        | VDF 5 | VDF 4  | VDF 5 | VDF 4        | VDF 5 | VDF 4  | VDF 5 | VDF 4        | VDF 5 | VDF 4  | VDF 5 | VDF 4                                  | VDF 5 | VDF 4  | VDF 5 |
| 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   | -                                      | -     | -      | -     |

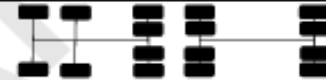
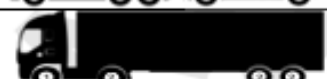
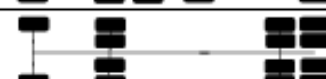
Sumber : Manual Desain Perkerasan (2024)

Tabel 3. 6 Nilai VDF pada Masing-masing Jenis Kendaraan Niaga

| Klasifikasi Kendaraan | Uraian                                            | Konfigurasi Sumbu | Kelompok sumbu | Skema Konfigurasi                                                                     |                                                                                       |
|-----------------------|---------------------------------------------------|-------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                     | Sepeda motor dan kendaraan roda-3                 |                   |                |    |                                                                                       |
| 2                     | Kendaraan ringan - sedan, jeep, dan station wagon | 1.1               | 2              |    |    |
| 3                     | Kendaraan ringan – angkutan umum sedang           | 1.1               | 2              |    |    |
| 4                     | Kendaraan ringan - pick up, micro truck           | 1.1               | 2              |    |    |
| 5A                    | Bus kecil                                         | 1.1               | 2              |    |    |
| 5B                    | Bus besar                                         | 1.2               | 2              |    |    |
| 6A                    | Truk 2 sumbu-truk ringan                          | 1.1               | 2              |   |   |
| 6B                    | Truk 2 sumbu-truk sedang                          | 1.2               | 2              |  |  |
| 7A1                   | Truk 3 sumbu-berat                                | 11.2              | 2              |  |  |
| 7A2                   | Truk 3 sumbu-berat                                | 1.22              | 2              |  |  |

Sumber : Manual Desain Perkerasan (2024)

Lanjutan Tabel 3. 6 Nilai *VDF* pada Masing-masing Jenis Kendaraan Niaga

| Klasifikasi Kendaraan | Uraian                 | Konfigurasi Sumbu | Kelompok sumbu | Skema Konfigurasi                                                                     | Klasifikasi Kendaraan                                                                 |
|-----------------------|------------------------|-------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 7A3                   | Truk 4 sumbu-berat     | 11.22             | 2              |    |    |
| 7B1                   | Truk 4 sumbu-berat     | 1.2+2.2           | 4              |    |    |
| 7B2                   | Truk 5 sumbu-berat     | 11.2+2.2          | 4              |    |    |
| 7B3                   | Truk 5 sumbu-berat     | 1.22+2.2          | 4              |    |    |
| 7C1                   | Truk 4 sumbu-berat     | 1.2-22            | 3              |    |    |
| 7C2A                  | Truk 5 sumbu-berat     | 1.22-22           | 3              |    |    |
| 7C2B                  | Truk 5 sumbu-berat     | 1.2-222           | 3              |    |    |
| 7C3                   | Truk 6 sumbu-berat     | 1.22-222          | 3              |    |   |
| 7C4                   | Truk 7 sumbu-berat     | 1.22-2222         | 3              |   |  |
| 8                     | Kendaraan tak bermotor |                   |                |  |                                                                                       |

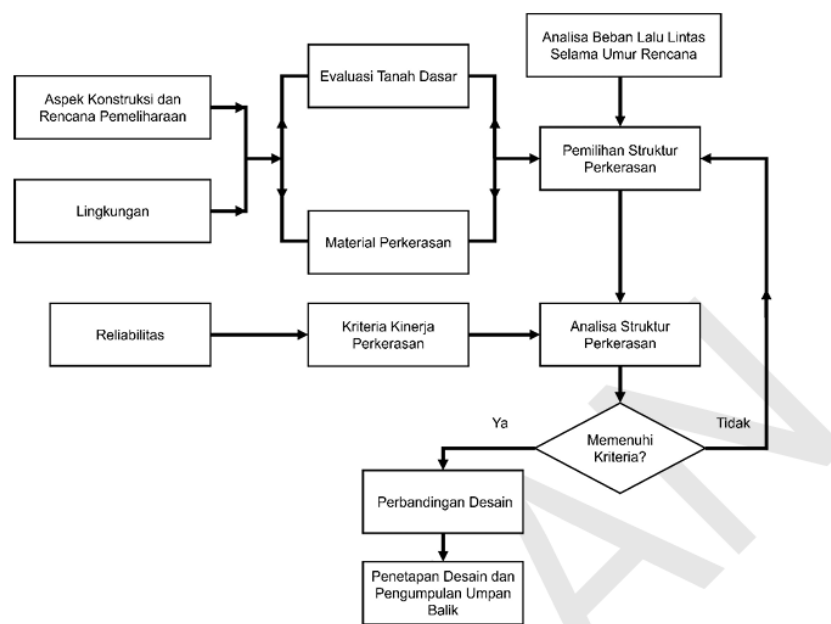
Sumber : Manual Desain Perkerasan (2024)

### 3.2 Prosedur Manual Desain Perkerasan Lentur 2024

Prosedur dalam desain tebal perkerasan menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 sebagai berikut.

1. Menentukan umur rencana berdasarkan elemen dan jenis perkerasan ,
2. Menentukan nilai-nilai ESA4 dan atau ESA5 sesuai umur rencana yang dipilih
3. Tentukan tipe perkerasan atau pertimbangan biaya (analisis discounted life-cycle cost)
4. Tentukan segmen tanah dasar dengan daya dukung yang seragam
5. Tentukan struktur fondasi perkerasan
6. Tentukan struktur perkerasan yang memenuhi syarat berdasarkan analisa mekanistik empiris atau mengambil struktur perkerasan sesuai dengan Bagan Desain
7. Tentukan standar drainase bawah permukaan yang dibutuhkan
8. Tetapkan kebutuhan daya dukung tepi perkerasan

Adapun dalam penelitian ini dapat dijelaskan secara singkat pada bagan alir Manual Desain Perkerasan 2024 seperti Gambar 3.1 Berikut.



**Gambar 3. 1 Bagan Alir Manual Desain Perkerasan 2024**

### 3.3 Program KENPAVE

Program *KENPAVE* merupakan aplikasi yang diciptakan sebagai desain dalam perencanaan perkerasan hasil dari pengembangan oleh Yang H. Huang, P.E. Program *KENPAVE* hanya dijalankan pada versi dengan Windows 95 atau menggunakan versi Windows di atasnya. Penggunaan selain versi Windows 95 dan versi Windows Vista dapat berjalan, akan tetapi pada saat aplikasi beroperasi nantinya kurang maksimal saat digunakan. Masalah tersebut terjadi karena aplikasi *kenpave* dibuat untuk operasi sistem versi lama. Berikut Gambar 3.2 merupakan tampilan utama ketika membuka program *KENPAVE*.



**Gambar 3. 2 Tampilan Awal Pada Program KENPAVE**

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2025)

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

### 3.3.1 *Data Path*

Adalah keterangan untuk menyimpan data secara *default* yang terletak pada tempat folder penginstalan program *KENPAVE*

### 3.3.2 *File Name*

Menu ini menampilkan sebuah *file* yang dibuat oleh *LAYERNIP* atau *SLABSINP*. Kita tidak perlu mengganti pada menu *file name* karena *file* yang akan dibuat secara otomatis ada di menu *file* dengan nama *Unitetled.DAT* dan bisa diubah nantinya.

### 3.3.3 *Help*

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

### 3.3.4 *Editor*

Menu pada editor bisa dipakai untuk memeriksa, mengedit, dan cetak data file data. Jika pengguna yang masih belum mahir dalam menjalankan program *KENPAVE*, maka dianjurkan untuk menggunakan menu editor karena dapat membantu untuk menginput data yang digunakan lebih cepat sehingga tidak terjadi sebuah kesalahan yang dapat mengakibatkan data yang dimasukkan tidak termuat dengan menggunakan menu *LAYERNIP* atau *SLABSINP*.

### 3.3.5 *LAYERNIP* atau *SLABSINP*

Menu *LAYERNIP* atau *SLABSINP* digunakan untuk membuat *file* data sebelum *KENLAYER* atau *KENSLAB* dapat dijalankan.

### 3.3.6 *KENLAYER* atau *KENSLABS*

*KENLAYER* atau *KENSLABS* merupakan program untuk analisis perkerasan dan dapat berjalan ketika *file* data telah dibuat. Program ini dapat membaca dari *file* data dan memulai eksekusi. Waktu selama eksekusi, beberapa hasil akan ditampilkan pada layer untuk memberi tahu bahwa program ini sedang berjalan.

### 3.3.7 *LGRAPH* atau *SGRAPH*

*LGRAPH* atau *SGRAPH* digunakan untuk menampilkan grafik rencana dan penampang sebuah perkerasan dengan beberapa informasi tentang input dan output.

### 3.3.8 *Contour*

Pada menu *contour* mempunyai fungsi untuk plot kontur tekanan dalam arah x atau arah y. Plot kontur digunakan pada saat perkerasan kaku.

## 3.4 Program KENLAYER

Program *KENLAYER* adalah program yang digunakan pada perkerasan lentur tanpa sambungan atau perkerasan kaku. Saat memulai program *KENLAYER*, data sudah diinput pada menu *LAYERNIP* yang berjumlah dari 11 menu. Setiap pilihan menu memiliki data yang perlu dimasukkan. Berikut merupakan penjelasan mengenai menu yang ada pada *LAYERNIP*.

### 3.4.1 *File*

Menu *file* merupakan menu awal yang digunakan untuk memulai pekerjaan dengan terdapat pilihan *file* baru untuk pilihan yang ingin mengerjakan *project* baru atau *file* lama atau *old* jika data *file* yang sudah ada sebelumnya.

### 3.4.2 *General*

Menu *general* menunjukkan informasi mengenai perkerasan yang akan dianalisis. Berikut merupakan tampilan dari menu *general* pada Gambar 3.3

General Information of LAYERINP for Set No. 1

|                                                                               |         |       |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|
| TITLE                                                                         |         |       |
| Type of material (1=linear, 2=nonlinear, 3=viscoelastic, 4=combined)          | (MATL)  | 3     |
| Damage analysis (0=no, 1=yes with summary only, 2=yes with detailed printout) | (NDAMA) | 0     |
| Number of periods per year                                                    | (NPY)   | 1     |
| Number of load groups                                                         | (NLG)   | 1     |
| Tolerance for numerical integration                                           | (DEL)   | 0.001 |
| Number of layers                                                              | (NL)    | 5     |
| Number of Z coordinates for analysis                                          | (NZ)    | 5     |
| Maximum cycles of numerical integration                                       | (ICL)   | 80    |
| Type of responses (1=displacements only, 5=plus stresses, 9=plus strains)     | (NSTD)  | 9     |
| All layer interfaces bonded (1=yes, 0=if some are frictionless)               | (NBOND) | 1     |
| Number of layers for bottom tension                                           | (NLBT)  | 1     |
| Number of layers for top compression                                          | (NLTC)  | 1     |
| System of units (0=English, 1=SI)                                             | (NUNIT) | 1     |

(1) This form appears when the 'General' on the Main Menu of LAYERINP is clicked. You can override any of the default values by typing in a new value. You can use the Tab key to move the cursor from one textbox to the next or just click on the textbox before typing. The use of click has the advantage that you don't have to delete the default before typing in the data you want. If you want to read the remaining text, you can use the scrollbar. You can also use the PgDn key after clicking this textbox to make it active.  
 (2) TITLE (title of run): Any title or comment can be typed on one line. The title should not be longer than 68 characters including spaces. If you make a mistake in typing, use the Del key to erase any typographical errors. When the total length reaches 68, no additional characters can be added. No comma should be used in TITLE. Use colon or semicolon instead.  
 (3) MATL (types of material): 1 when all layers are linear elastic, 2 when some layers are nonlinear

Gambar 3. 3 Tampilan dari Menu General

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2025)

Dalam menu general terdapat beberapa menu yang harus perlu diisi terlebih dahulu dengan nilai tertentu, seperti:

- TITLE** : Memasukkan sebuah judul dari analisa (maksimal 68 karakter),
- MATL** : Memilih model dari material, Jika (1) merupakan lapisan linear elastis, (2) lapisan untuk non linear elastis, (3) lapisan viskoelastis, (4) lapisan campuran di antara ketiga lapisan tersebut,
- NDAMA** : Untuk memilih analisa kerusakan yang terjadi. Jika (0) tidak terdapat kerusakan analisis. (1) terjadi kerusakan analisis dan ada hasil print out, (2) terjadi kerusakan analisis serta hasil print out lebih detail,
- DEL** : Nilai akurasi hasil analisa, memiliki nilai standar akurasi 0,001,
- NL** : Jumlah lapisan, maksimum 19 lapis,
- NZ** : Letak koordinat arah Z yang akan dianalisa. Jika analisa **NDAMA** =1 atau 2, maka **NZ** = 0. Karena pada program akan menganalisa di koordinat yang mengalami analisa kerusakan,
- NSTD** : Nilai dari *stress*, *stain* dan *displacement*. (1) untuk *vertical displacement*, (5) untuk nilai *vertical displacement*, *stress* dan *strain*,
- NUNIT**: Satuan yang akan digunakan. (0) satuan inggris, (1) satuan SI.

### 3.4.3 Zcoord

*Zcoord* merupakan menu untuk menyelidiki perkerasan pada titik jarak koordinat Z. Jumlah point yang ada pada menu ini sesuai dengan jumlah NZ di menu General. Contoh tampilan *Zcoord* seperti dalam Gambar 3.4 berikut. Pada Gambar menampilkan kedalaman tiap lapis, kedalaman tersebut nantinya yang akan diselidiki oleh program.

**Z Coordinates of Response Points for Data Set No. 1**

| Point No. | ZC |
|-----------|----|
| 1         | 0  |
| 2         | 0  |
| 3         | 0  |
| 4         | 0  |
| 5         | 0  |

(1) This form appears when the 'Zcoord' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of Z coordinates on this form is equal to NZ, 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. You should not click the other cell before pressing the Enter key, otherwise the data you have typed will move to the cell you click.

(2) ZC (vertical distance, or z coordinate, of each response point): When the point is located exactly at the interface between two layers, the results are at the bottom of upper layer. If the results at the top of lower layer are desired, a slightly larger z coordinate, say 0.0001 larger, should be used.

(3) After typing in the data in the first cell, move to the next cell by pressing the Enter or arrow down key.

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

**Gambar 3. 4 Tampilan pada Menu Zcoord**

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2025)

### 3.4.4 Layer

Jumlah *layer* pada menu yang terdapat dalam menu ini sesuai dengan jumlah NL pada menu *general*. Memiliki dua kolom yang dimasukkan pada menu *layer*. Pada kolom pertama yaitu TH adalah data dari tebal tiap lapis *layer*, kemudian pada kolom kedua yaitu PR yang merupakan informasi mengenai *poisson's ratio* pada setiap *layer*. Berikut merupakan gambaran dari menu *layer* dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut.

Layer Thickness, Poisson's Ratio and Unit Weight for Data Set No. 1

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

Unit                      cm                      kN/m<sup>3</sup>

| Layer No. | TH         | PR |
|-----------|------------|----|
| 1         | 0          | 0  |
| 2         | 0          | 0  |
| 3         | 0          | 0  |
| 4         | 0          | 0  |
| 5         | XXXXXXXXXX | 0  |

Use <Ctrl>-<Del> to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and <Del> 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. 5 Tampilan pada Menu Layer**

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2025)

### 3.4.5 Interface

Menu *interface* ini berkaitan dengan *NBOUND* yang terdapat pada menu *general*. Jika *NBOUND* = 1, maka menu *interface* akan menjadi *default*. Jika *NBOUND* = 2, maka pada menu *interface* akan aktif untuk diinput, Berikut tampilan dari menu *Interface* dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.

Type of Interface for Data Set No. 1

| Interface No. | INT |
|---------------|-----|
| 1             | 0   |
| 2             | 0   |
| 3             | 0   |
| 4             | 0   |

(1) This form appears when the 'Interface' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of interfaces on this form is equal to NL - 1, where NL is specified in the 'General' menu.  
 (2) INT (condition of each interface): Assign 1 for bonded interface and 0 for frictionless interface.  
 (3) After typing in the data in the first cell, move to the next cell by pressing the Enter. After the last cell is filled, be sure to click the Enter key.  
 (4) You cannot delete or add a line on this form.  
 (5) Upon completion, click the OK button at the lower right corner to return to the Main Menu of LAYERINP.

OK

**Gambar 3. 6 Tampilan pada Menu Interface**

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2025)

### 3.4.6 Modul

Menu pada *modul* berisikan jumlah dari periode. Pada menu *modul* muncul sesuai dengan *input* NY yang terdapat dalam menu *general*. Jumlah maksimum periode yang bisa di *input* yaitu 12 periode. Untuk setiap periode memiliki tampilan untuk *input* nilai E. Nilai E adalah modulus elastisitas tiap *layer*. Berikut merupakan tampilan dari menu *modul* dapat dilihat pada Gambar 3.7 Berikut.

Layer Moduli for Period No. 1 and Data Set No. 1

| Unit      | kPa |
|-----------|-----|
| Layer No. | E   |
| 1         | 0   |
| 2         | 0   |
| 3         | 0   |
| 4         | 0   |
| 5         | 0   |

(1) This form appears when the period button on the Layer Modulus of Each Period is clicked. The number of layers on this form is equal to NL, as specified in the 'General' menu.

(2) E (elastic modulus of each layer): Use as the assumed modulus for the first iteration when the layer is nonlinear. If more convenient, you can enter the modulus in exponential form such as 1.234E5. Assign 0 or any value for viscoelastic layer.

(3) After typing the data in the first cell, move to the next cell by pressing the Enter or arrow down key. After the last cell is filled, be sure to click the Enter key.

(4) You can delete a line, or one layer, by first clicking anywhere on the line to make it active and then press the <Ctrl>-<Del> keys. The NL in the 'general' menu will be reduced automatically by 1.

(5) You can add a new line, or one more layer, above any given line by first clicking the cell in the given line to make it active and then press the <Ctrl>-<Ins>. A blank line will appear for you to enter the necessary data. The NL in the 'General' menu will increase automatically by 1. If you want to add a line after the last line, you can change NL in the 'General' menu by adding 1 and a blank line will appear as the last line. Remember that always use the <Ctrl>-<Ins>

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

OK

**Gambar 3. 7 Tampilan pada Menu Modul**

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2025)

### 3.4.7 Load

Pada menu *load*, jumlah unit yang berada dalam menu ini sesuai dengan jumlah NLG pada menu *general*. Pada kolom *load* (0) untuk sumbu tunggal roda tunggal, (2) untuk sumbu tandem, (3) untuk sumbu *triple*. Kolom CR merupakan radius kontak pembebanan. Kemudian pada kolom CP merupakan nilai beban. Kolom XW dan YW merupakan jarak antar roda arah x dan arah y. Untuk Kolom terakhir yaitu NR dan NPT merupakan titik koordinat tegangan-regangan yang ingin ditinjau. Berikut merupakan tampilan dari menu *Load* dapat dilihat pada Gambar 3.8 Berikut.

Load Information for Data Set No. 1

Double click anywhere on a line to get auxiliary form for NR or NPT.

| Unit          |      | cm | kPa | cm | cm |           |
|---------------|------|----|-----|----|----|-----------|
| Load Group No | LOAD | CR | CP  | YW | XW | NR or NPT |
| 1             | 0    | 0  | 0   | 0  | 0  |           |

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

(1) This form appears when the 'Load' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of lines, or load groups, is equal to NLG, as specified in the 'General' menu. Please refer to Figure 3.8 for wheel and axle arrangements.  
 (2) LOAD (type of loading): Assign 0 for single axle with single tire, 1 for single axle with dual tires, 2 for tandem axles, and 3 for tridem axles.  
 (3) CR (contact radius of circular loaded area).  
 (4) CP (contact pressure on circular loaded area).  
 (5) YW (center to center spacing between two dual wheels along the y axis): Assign 0 if there is only one wheel or LOAD = 0.  
 (6) XW (center to center spacing between two axles along the x axis): Assign 0 if only one axle exists, i.e. LOAD = 0 or 1.  
 (7) NR (number of radial coordinates to be analyzed under a single wheel, maximum 25): A single

OK

**Gambar 3. 8 Tampilan pada Menu Load**

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2025)

### 3.5 Analisis Kerusakan Terhadap Perkerasan

Sebuah jalan sudah direncanakan untuk menahan suatu beban kendaraan yang dilalui oleh kendaraan yang dilintasinya sesuai dengan kelas jalan tersebut. Beban tersebut merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya kerusakan pada jalan. Program *KENPAVE* memiliki hasil *output* dalam bentuk nilai regangan dan tegangan yang dapat digunakan sebagai prediksi kerusakan yang akan terjadi. Berikut merupakan kerusakan yang dapat diprediksi. Persamaan yang digunakan untuk memprediksi repetisi beban yang terjadi menggunakan Persamaan metode yang berasal dari The Asphalt Institute 1970.

#### 3.5.1 Rutting

*Rutting* merupakan kerusakan permukaan yang berbentuk penurunan aspal yang memanjang (*longitudinal depression*). Nilai jumlah repetisi beban dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan Persamaan 3.2 berikut.

$$N_r = f_4(\epsilon_c)^{-f_5} \quad (3.2)$$

dengan:

$N_r$  = nilai jumlah repetisi beban yang diizinkan dalam mengontrol *rutting*,

$f_4, f_5$  = koefisien kriteria deformasi permanen, dan

$\epsilon_c$  = regangan tegangan vertikal di atas lapisan dasar.

### 3.5.2 *Fatigue Cracking*

*Cracking* merupakan retak pada perkerasan yang ditimbulkan oleh beberapa hal dan mempunyai banyak pola. Persamaan dalam menghitung *fatigue cracking* untuk melihat jumlah repetisi beban yang muncul berdasarkan regangan tarik pada bagian bawah permukaan. Berikut bisa dilihat pada Persamaan 3.3.

$$N_f = 0,0796 (\epsilon_t)^{-3,921} | E |^{-0,854} \quad (3.3)$$

dengan:

$N_f$  = jumlah nilai beban pengulangan yang diizinkan untuk mengontrol *fatigue cracking*,

$\epsilon_t$  = *tensile strain* pada letak tinjauan kritis yang dihitung berdasarkan respon model struktur / regangan Tarik pada bagian bawah lapis permukaan dan

$E$  = modulus elastis pada lapis permukaan.

### 3.5.3 *Permanent Deformation*

*Deformation* merupakan perubahan profil pada permukaan jalan. Berikut merupakan Persamaan deformasi permanen untuk mengetahui berapa jumlah repetisi beban yang diterima. Berikut dapat dilihat pada Persamaan 3.4.

$$N_d = f_4 (\epsilon_c)^{-f_5} \quad (3.4)$$

dengan:

$N_d$  = jumlah nilai repetisi sebuah beban yang diizinkan untuk mengontrol deformasi permanen,

$\epsilon_c$  = regangan tekan vertikal di atas lapisan dasar dan

$f_4, f_5$  = koefisien kriteria deformasi permanen.

### 3.6 Nilai Sisa Umur Layanan

Pengertian umur layanan perkerasan adalah kemampuan daya dukung sebuah jalan terhadap adanya beban lalu lintas yang melewatinya secara berulang-ulang sampai pada waktu jalan tersebut dilakukan perbaikan. Analisa nilai sisa dapat ditentukan dengan menghitung jumlah lalu lintas aktual serta jumlah repetisi beban yang diizinkan saat terjadi keruntuhan (*failure*) yang disimbolkan dalam satuan 18-Kip *Equivalent Standard Axle Load* (ESAL). Cara menghitung nilai umur layanan yang menggunakan sebuah Persamaan menurut AASHTO 1993 berikut

$$RL = 100 \left(1 - \frac{Np}{N_{1,5}}\right) \quad (3.5)$$

dengan:

RL = *Remaining Life* (%),

Np =  $\Sigma$  kumulatif W18 per tahun (ESAL) dan

N15 = kumulatif W18 tahun terakhir umur rencana (ESAL).

### 3.7 Karakteristik Material *Elastic Layer*

Karakteristik material yang digunakan pada penelitian ini yaitu karakteristik material *Elastic Layer*. Pada karakteristik ini dimodelkan bahwa pada setiap *layer* struktur perkerasan yaitu homogen, isotropis, dan elastis secara linier. Untuk pemodelan *layer* secara linier bisa mendapatkan nilai tegangan, regangan, defleksi pada struktur permukaan yang telah diberi beban.

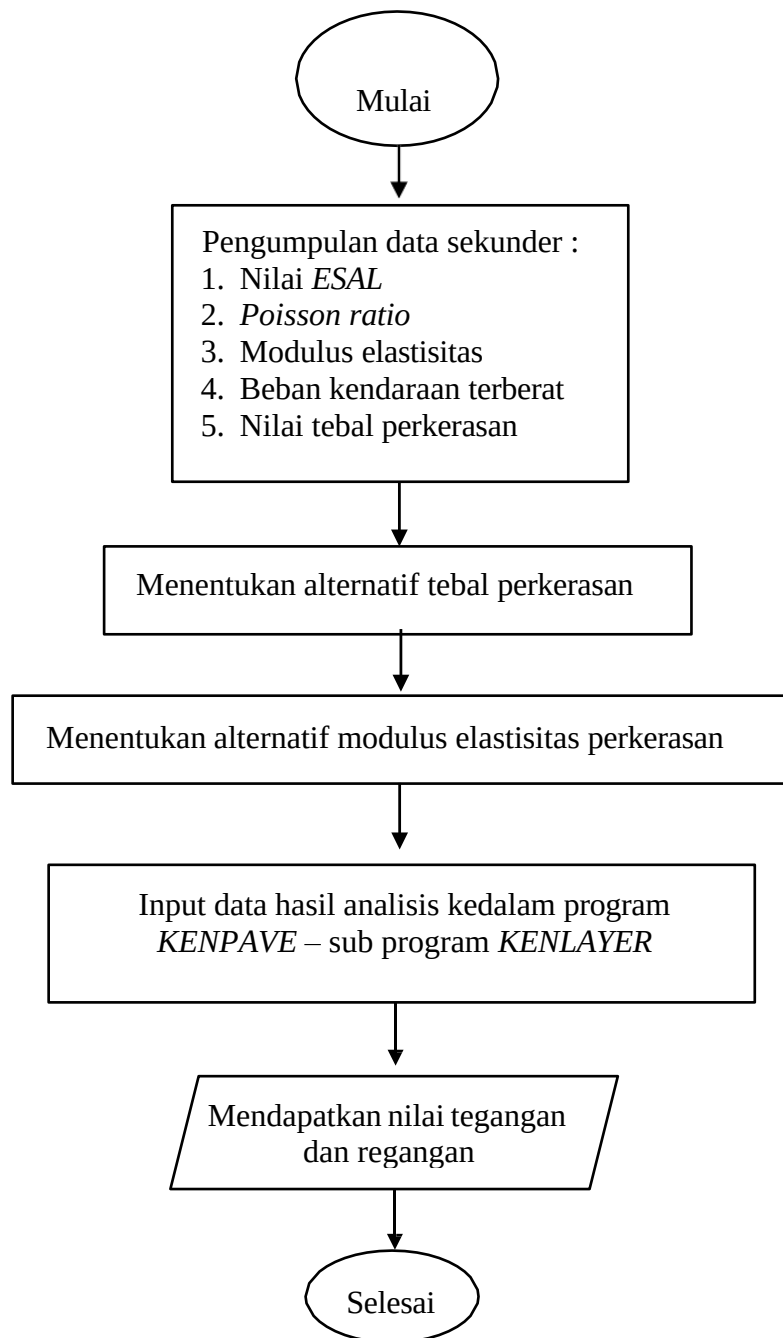
### 3.8 Prosedur Menggunakan Program KENPAVE

Pemodelan penggunaan program KENPAVE untuk tebal lapis perkerasan sebagai berikut.

1. Menentukan data berupa *properties material* seperti
  - a. Tebal pada setiap lapis perkerasan,
  - b. Menentukan asumsi nilai *modulus elastisitas* (E) pada tiap-tiap lapis perkerasan,
  - c. Menentukan nilai *poisson's ratio* dari setiap lapis perkerasan berdasarkan jenisnya.

2. Menganalisis data lalu lintas minimum seperti
  - a. Menentukan jangka periode waktu yang akan ditinjau,
  - b. Menghitung nilai lalu lintas harian (LHR) pada tahun yang direncanakan,
  - c. Menentukan nilai faktor pertumbuhan lalu lintas,
  - d. Menentukan beban sumbu roda.
3. Melakukan pemodelan struktur perkerasan pada program KENPAVE
4. Menggunakan sub program *KENLAYER* untuk perkerasan lentur
5. Memasukkan data data informasi seperti judul berkas, jumlah *layer*, tipe material
6. Memasukkan Jumlah *point* yang dianalisa beserta jarak *vertical*
7. Memasukkan tebal dan nilai *poisson ratio* pada tiap lapis
8. Memasukkan ikatan antar lapis
9. Memasukkan jumlah periode yang akan ditinjau dan nilai *modulus elastisitas* pada tiap lapis
10. Memasukkan data beban lalu lintas
11. Menghitung sisa umur perkerasan
12. Mendapatkan hasil keluaran seperti nilai tegangan, regangan, umur rencana

Adapun langkah dalam penelitian ini dapat dijabarkan secara singkat pada bagan alir menggunakan program *KENPAVE* seperti Gambar 3.9 Berikut.



**Gambar 3. 9 Prosedur Desain dengan Program KENPAVE**

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Metode Penelitian**

Metode pengambilan data pada penelitian ini menggunakan data sekunder. Perbedaan antara data primer dan data sekunder yaitu pada data primer data yang mengambil sebuah data secara langsung oleh peneliti pada lokasi penelitian. Data Primer dapat dilakukan dengan cara survei langsung, wawancara, atau dengan observasi, sedangkan pengertian data sekunder adalah data yang tidak diambil secara langsung atau dapat melalui media perantara yang data tersebut tercatat oleh pihak lain. Pada data sekunder ini bisa merupakan catatan atau kumpulan laporan yang tersusun dalam arsip baik tidak dipublikasi maupun dipublikasi.

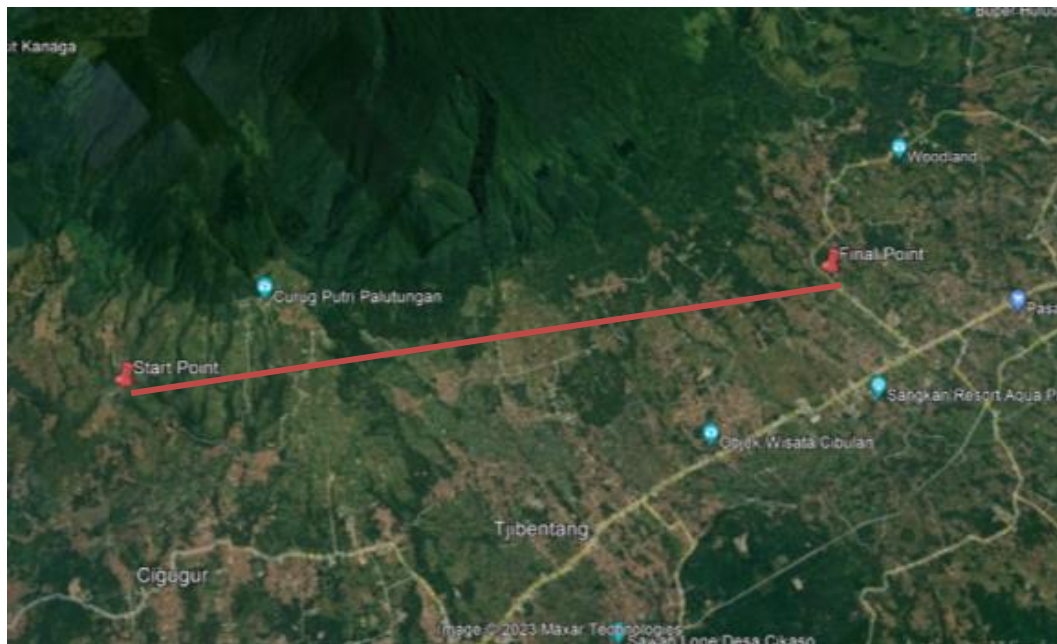
#### **4.2 Pengumpulan data**

Jenis pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini merupakan data sekunder. Berikut merupakan data yang dibutuhkan.

1. Peta lokasi studi kasus
2. Data lalu lintas rata-rata harian (LHR)
3. Data *properties material*
4. Data dari struktur perkerasan jalan (panjang jalan, lebar lajur, lebar median, bahu jalan, jumlah arah dan jalur jalan).

#### **4.3 Lokasi Studi Kasus**

Lokasi penelitian berada di Kabupaten Kuningan, Jawa Barat. Koridor perencanaan Jalan Lingkar Barat Sect 2 Puncak - Linggarjati ini dimulai dari titik awal yang berada di Desa Puncak, yang berada pada di Cigugur dan titik akhir berada di Desa Linggarjati Kecamatan Cilimus.

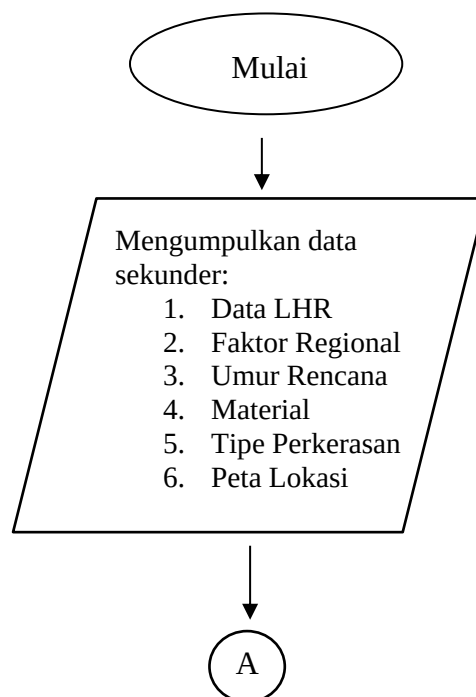


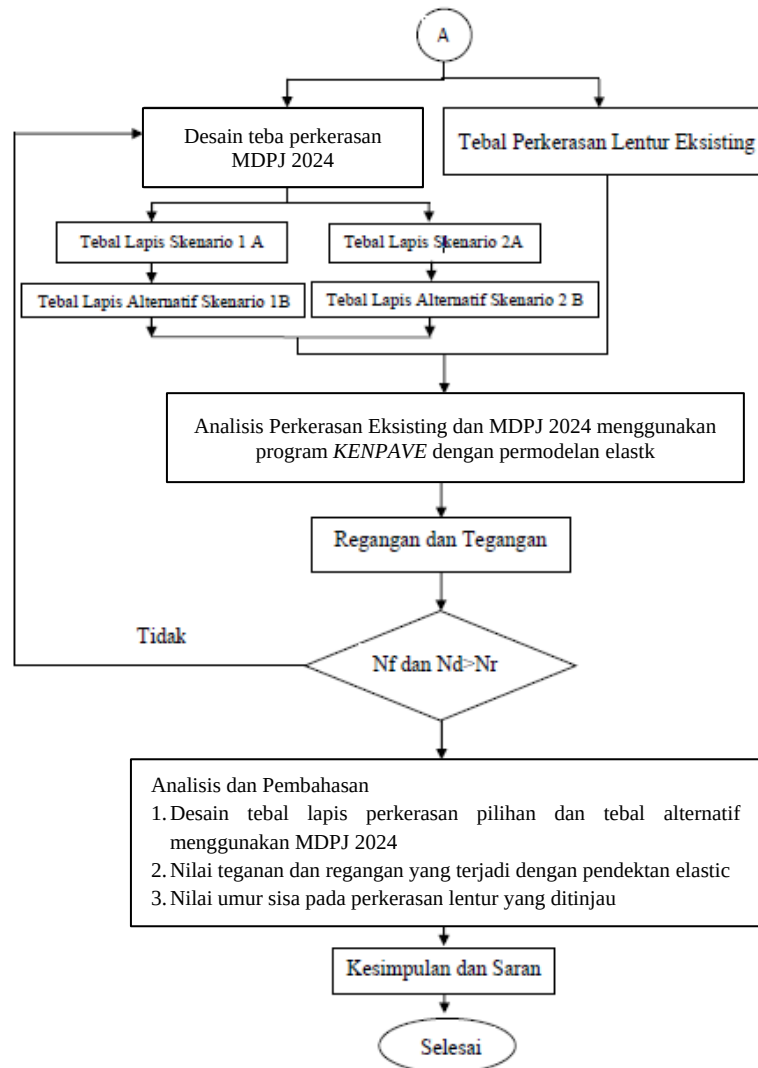
**Gambar 4.1 Peta Lokasi Objek Penelitian**

Sumber : Google Maps

#### 4.4 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir (*Flow Chart*).

Adapun tahapan penelitian ini dapat dijelaskan secara singkat pada bagan alir seperti Gambar 4.2 Berikut.





**Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian**

## BAB V

### ANALISIS PEMBAHASAN

#### 5.1 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang sebelumnya telah diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Kuningan

##### 5.1.1 Data Karakteristik Jalan

Ruas Jalan Puncak-Linggarjati merupakan salah jalan provinsi di Jawa Barat yang sering dilalui kendaraan berat yang dating dari arah Cirebon menuju Kuningan. Jalan Puncak – Linggarjati ini mempunyai 4 lajur 2 arah.

##### 5.1.2 Data Lalu Lintas

Hasil dari perhitungan lalu lintas harian rata-rata di dasarkan pada data yang didapatkan dari laporan Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Kuningan dapat dilihat pada Tabel 5.1 yang di tampilkan dibawah ini.

**Tabel 5.1 LHR Jalan Puncak - Linggarjati**

| <b>Gol</b> | <b>Jenis Kendaraan</b>       | <b>LHR 2023<br/>(Unit/Kendaraan)</b> |
|------------|------------------------------|--------------------------------------|
| 1          | Sepeda motor, sekuter, bajaj | 12131                                |
| 2          | Sedan, jeep, station wagon   | 2434                                 |
| 3          | Angkutan umum non bus        | 1102                                 |
| 4          | Pick up, mikro, truck        | 932                                  |
| -          | Mobil hantaran               | -                                    |
| 5a         | Bus Kecil                    | 25                                   |
| 5b         | Bus besar                    | 13                                   |
| 6a         | Truk 2 as                    | 296                                  |
| 7a1        | Truk 3 as                    | 11                                   |
| 7b1        | Kendaraan tidak bermotor     | 0                                    |

**Lanjutan Tabel 5.1 LHR Jalan Puncak - Linggarjati**

| <b>Gol</b> | <b>Jenis Kendaraan</b>   | <b>LHR 2023<br/>(Unit/Kendaraan)</b> |
|------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 7c1        | Trailer                  | 0                                    |
| 8          | Kendaraan tidak bermotor | 14                                   |

(Sumber: Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Kuningan 2023)

### 5.1.3 Data Tebal Perkerasan Eksisting

Berdasarkan data yang didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Kuningan, tebal perkerasan Jalan Puncak – Linggarjati adalah sebagai berikut.

AC-WC = 4 cm

AC-BC = 6 cm

LFA KELAS A = 40 cm

## 5.2 Evaluasi Perkerasan Lentur Eksisting Menggunakan Program KENPAVE

Evaluasi kerusakan dan kinerja perkerasan jalan pada pembahasan ini akan dilakukan pada perkerasan lentur desain 1 menggunakan metode mekanistik-empiris program KENPAVE dengan permodelan elastik.

### 5.2.1 Evaluasi Perkerasan Eksisting Menggunakan Permodelan Elastik

Untuk mengetahui kerusakan dan kinerja perkerasan lentur dengan menggunakan program KENPAVE digunakan data tebal perkerasan lentur desain 1 yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Kuningan.

#### 1. Data Analisis

##### a. Detail beban sumbu roda

1. Beban sumbu standar kendaraan yaitu 18.000 pon atau 8,16 ton.
2. Tekanan roda untuk satu ban sebesar  $0,55 \text{ kg/cm}^2$  atau 0,55 Mpa.
3. Jari-jari bidang kontak sebesar 11 cm.
4. Jarak antar masing-masing sumbu roda ganda sebesar 33 cm.

b. Parameter lapis perkerasan

Dalam analisis ini semua lapis diasumsikan menggunakan material elastik, lapisan tersebut terdiri dari lapisan *hot mix asphalti*, lapisan pondasi dan lapisan tanah dasar. Berdasarkan hal tersebut maka parameter yang digunakan dalam perhitungan ini hanya modulus elastisitas dan *poisson ratio* yang dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut ini.

**Tabel 5.2 Parameter Lapisan Perkerasan**

|             |                       |               |
|-------------|-----------------------|---------------|
| AC-WC       | Modulus Elastis (E)   | 1.100.000 Kpa |
|             | <i>Poisson Ration</i> | 0,40          |
| AC-BC       | Modulus Elastis (E)   | 1.200.000 Kpa |
|             | <i>Poisson Ratio</i>  | 0,40          |
| LFA Kelas A | Modulus Elastis (E)   | 315.000 Kpa   |
|             | <i>Poisson Ration</i> | 0,45          |
| Tanah Dasar | Modulus Elastis (E)   | 150.000       |
|             | <i>Poisson Ratio</i>  | 0,45          |

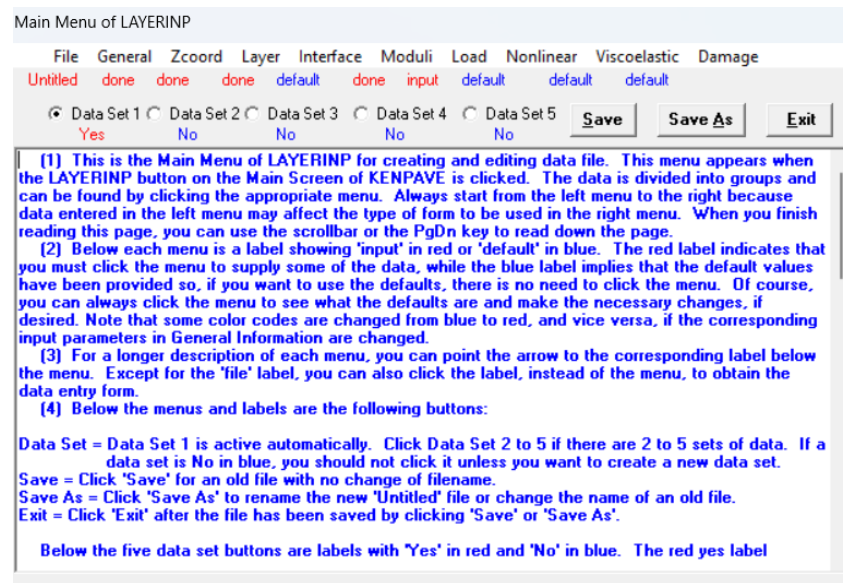
Sumber: MDPJ (2024)

2. Input *Layernip*

Berikut ini merupakan analisis menggunakan program KENPAVE pada perkerasan desain 1 untuk mengetahui tegangan dan regangannya dengan beberapa tahapan, dengan tahapannya adalah sebagai berikut.

a. Input *Layernip*

Dalam menu ini tersedia beberapa pilihan dalam mengisi data-data yang dibutuhkan dalam analisis sesuai dengan bahan propertis dari perkerasan lentur.



**Gambar 5.1 Tampilan Menu *Layernip***

Klik *file* dan klik *new* untuk memulai halaman baru pada menu *Layernip* agar data yang diinputkan Kembali ke setelan default.

b. *General*

Setelah itu memasukan data pada menu general adapun data yang dimasukan dapat dilihat pda Tabel 5.3 berikut ini.

**Tabel 5.3 Data Input Pada Menu *General***

| Title | Nilai | Keterangan                                                               |
|-------|-------|--------------------------------------------------------------------------|
| MATL  | 1     | Bahan material lapisan perkerasan Linear Elastik                         |
| NDAMA | 0     | Tidak terdapat analisis kerusakan                                        |
| NPY   | 1     | <i>Default</i>                                                           |
| NLG   | 1     | <i>Default</i>                                                           |
| DEL   | 0,001 | Standar dari akurasi                                                     |
| NL    | 5     | Total dari lapisan yang dianalisis (AC-W, AC-BC, LFA A, LFA B, Subgrade) |
| NZ    | 5     | Total titik tinjau untuk kerusakan                                       |
| ICL   | 80    | <i>Default</i>                                                           |

Lanjutan Tabel 5.3 Data Input Pada Menu *General*

| Title | Nilai | Keterangan                                                         |
|-------|-------|--------------------------------------------------------------------|
| NSDT  | 9     | Digunakan untuk vertical displacement, nilai regangan dan tegangan |
| NBOND | 1     | Setiap lapisan terikat satu sama lain                              |
| NLBT  | 0     | <i>Default</i>                                                     |
| NLTC  | 0     | <i>Default</i>                                                     |
| NUNIT | 1     | Standar Internasional                                              |

General Information of LAYERINP for Set No. 1

TITLE Desain 1

|                                                                               |         |       |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|
| Type of material (1=linear, 2=nonlinear, 3=viscoelastic, 4=combined)          | (MATL)  | 1     |
| Damage analysis (0=no, 1=yes with summary only, 2=yes with detailed printout) | (NDAMA) | 0     |
| Number of periods per year                                                    | (NPY)   | 1     |
| Number of load groups                                                         | (NLG)   | 1     |
| Tolerance for numerical integration                                           | (DEL)   | 0.001 |
| Number of layers                                                              | (NL)    | 5     |
| Number of Z coordinates for analysis                                          | (NZ)    | 5     |
| Maximum cycles of numerical integration                                       | (ICL)   | 80    |
| Type of responses (1=displacements only, 5=plus stresses, 9=plus strains)     | (NSTD)  | 9     |
| All layer interfaces bonded (1=yes, 0=if some are frictionless)               | (NBOND) | 1     |
| Number of layers for bottom tension                                           | (NLBT)  | 0     |
| Number of layers for top compression                                          | (NLTC)  | 0     |
| System of units (0=English, 1=SI)                                             | (NUNIT) | 1     |

OK

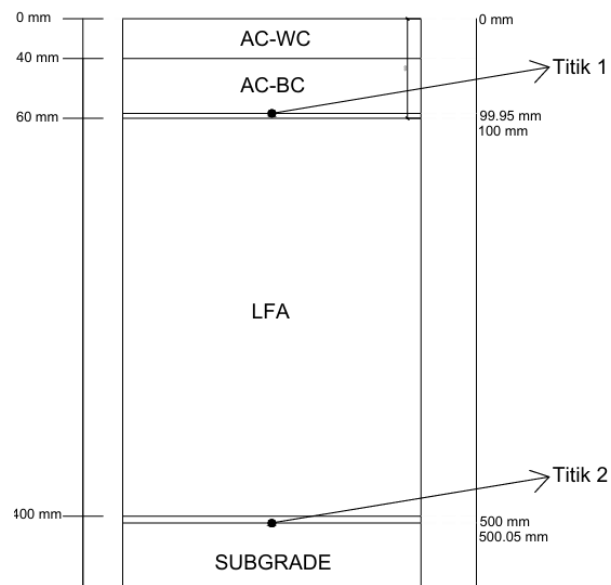
(1) This form appears when the 'General' on the Main Menu of LAYERINP is clicked. You can override any of the default values by typing in a new value. You can use the Tab key to move the cursor from one textbox to the next or just click on the textbox before typing. The use of click has the advantage that you don't have to delete the default before typing in the data you want. If you want to read the remaining text, you can use the scrollbar. You can also use the PgDn key after clicking this textbox to make it active.

(2) TITLE (title of run): Any title or comment can be typed on one line. The title should not be longer than 68 characters including spaces. If you make a mistake in typing, use the Del key to erase any typographical errors. When the total length reaches 68, no additional characters can be added. No comma should be used in TITLE. Use colon or semicolon instead.

(3) MATL (types of material): 1 when all layers are linear elastic, 2 when some layers are nonlinear

Gambar 5.2 Tampilan Input Data Pada Menu *General*c. *Zcoord*

Pada bagian ini, data yang dimasukkan adalah kedalaman titik kerusakan yang akan dianalisis. Titik tinjau 1 digunakan untuk menganalisis kerusakan *rutting* dan *fatigue cracking* yang terletak pada bagian bawah aspal. Sedangkan pada titik tinjau 2 yang berada pada bagian bawah perkerasan di gunakan untuk menganalisis kerusakan *permanent deformation*. Untuk lebih jelasnya titik tinjauan yang digunakan dalam analisis dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut ini.



**Gambar 5.3 Kedalaman Titik Tinjauan Kerusakan**

Sedangkan untuk detail data kedalaman yang di masukan pada menu *zcoord* dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

**Tabel 5.4 Detail Data Untuk *Input Zcoord***

| No | Kedalaman | Keterangan                              |
|----|-----------|-----------------------------------------|
| 1  | 0         | Permukaan lapis perkerasan              |
| 2  | 9,995     | Dasar lapis perkerasan (Titik tinjau 1) |
| 3  | 10        | Permukaan lapis pondasi                 |
| 4  | 50        | Dasar lapis pondasi                     |
| 5  | 50,05     | <i>Subgrade</i> (Titik tinjau 2)        |

Selanjutnya adalah memasukan data tersebut pada menu *zcoord*, berikut ini merupakan tampilan menu input *zcoord* pada program KENPAVE.

**Z Coordinates of Response Points for Data Set No. 1**

| Point No. | ZC    |
|-----------|-------|
| 1         | 0     |
| 2         | 9.995 |
| 3         | 10    |
| 4         | 50    |
| 5         | 50.05 |

(1) This form appears when the 'Zcoord' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of Z coordinates on this form is equal to NZ, 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. You should not click the other cell before pressing the Enter key, otherwise the data you have typed will move to the cell you click.

(2) ZC (vertical distance, or z coordinate, of each response point): When the point is located exactly at the interface between two layers, the results are at the bottom of upper layer. If the results at the top of lower layer are desired, a slightly larger z coordinate, say 0.0001 larger, should be used.

(3) After typing in the data in the first cell, move to the next cell by pressing the Enter or arrow down key.

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

OK

**Gambar 5.4 Tampilan Menu Input Data Zcoord**

d. *Layer*

Menu ini digunakan untuk memasukan data parameter perkerasan yang terdiri dari tebal perkerasan dan *poisson's ratio*. Nilai parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut yang didapatkan dari Huang (2004).

**Tabel 5.5 Parameter Perkerasan Untuk Input Layer**

| No Layer | Tebal (cm) | Poisson's Ratio | Keterangan |
|----------|------------|-----------------|------------|
| 1        | 4          | 0,40            | AC-WC      |
| 2        | 6          | 0,40            | AC-BC      |
| 3        | 40         | 0,45            | LFA A      |
| 4        | 10         | 0,45            | Subgrade   |

Sumber: MDPJ (2024)

**Layer Thickness, Poisson's Ratio and Unit Weight for Data Set No. 1**

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

| Layer No. | TH | PR   | kN/m <sup>3</sup> |
|-----------|----|------|-------------------|
| 1         | 4  | 0.40 |                   |
| 2         | 6  | 0.40 |                   |
| 3         | 40 | 0.45 |                   |
| 4         | 10 | 0.45 |                   |

Use <Ctrl>-<Del> to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and <Del> 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 5.5 Tampilan Menu Input Data Layer Program KENPAVE**

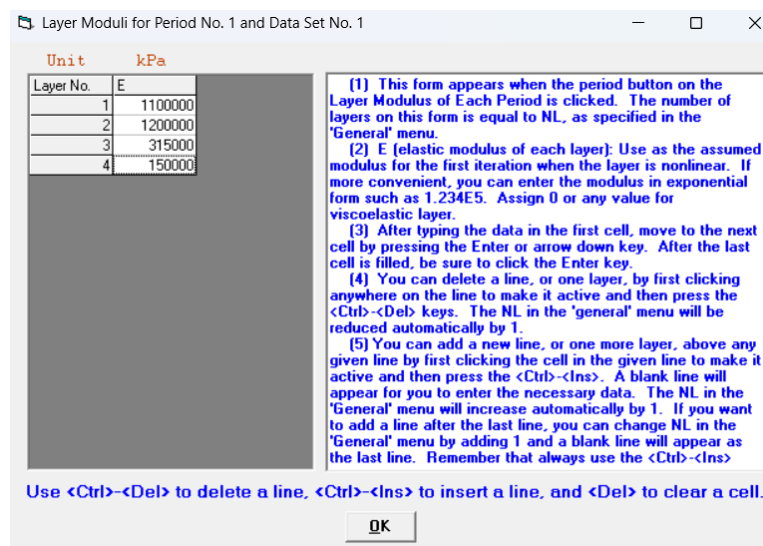
e. *Modulus*

Menu ini memiliki fungsi untuk menginput parameter perkerasan yang berubah modulus *resilent* atau modulus elastis, Nilai modulus elastis yang digunakan diperoleh dari MDPJ (2024). Adapun nilainya dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

**Tabel 5.6 Nilai Input Moduli**

| No | Modulus Elastisitas (Kpa) |
|----|---------------------------|
| 1  | 1.100.000                 |
| 2  | 1.200.000                 |
| 3  | 315.000                   |
| 4  | 150.000                   |

Sumber: MDPJ (2024)



**Gambar 5.6 Tampilan Menu *Input Moduli***

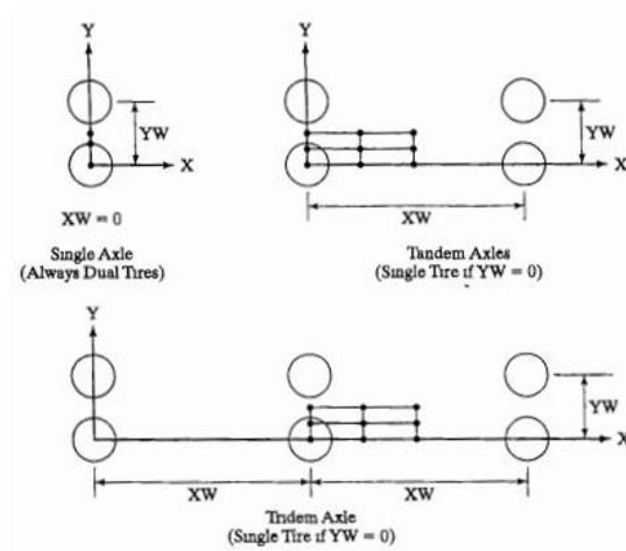
f. *Load*

Didalam menu ini data yang akan dimasukan berupa data beban gandar yang akan diterima oleh perkerasan. Adapun data tersebut adalah sebagai berikut.

- 1) *Load* = 1 (*Single axle load*, roda gandar tunggal)
- 2) *CR* = 11 cm (Berdasarkan nilai jarak antar ban)
- 3) *CP* = 0,55 Mpa = 550 Kpa (Berdasarkan nilai tekanan ban)
- 4) *YW* = 33 (Berdasarkan *Plan View of Multiple Wheels*)

- 5)  $XW = 0$  (Berdasarkan *Plan View of Multiple Wheels*)

Di dalam analisis ini roda merupakan *single axle with dual tires* sehingga nilai  $YW$  dan  $XW$  diambil berdasarkan gambar 5.7 berikut.

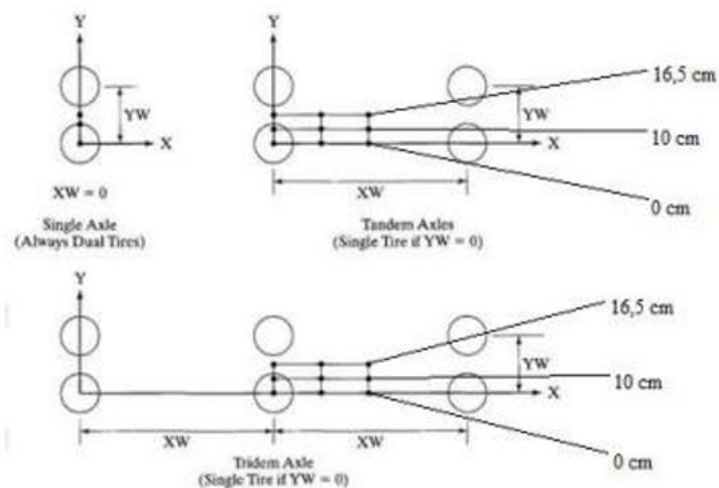


**Gambar 5.7 Plan View of Multiple Wheels**

(Sumber: Huang, 2004)

- 6)  $NPT$  or  $NR = 3$  (Jumlah koordinat tinjauan)

Sementara nilai  $NPT$  ditentukan berdasarkan tinjauan titik koordinat yang terdapat pada jenis roda *Single axle with dual tires*.



**Gambar 5.8 Koordinat NPT**

(Sumber: Huang 2004)

**Tabel 5.7 Koordinat Input NPT**

| X | Y    |
|---|------|
| 0 | 0    |
| 0 | 10   |
| 0 | 16,5 |

Load Information for Data Set No. 1

Double click anywhere on a line to get auxiliary form for NR or NPT.

| Unit          | cm   | kPa | cm  | cm |    |           |
|---------------|------|-----|-----|----|----|-----------|
| Load Group No | LOAD | CR  | CP  | YW | XW | NR or NPT |
| 1             | 1    | 11  | 550 | 33 | 0  | 3         |

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

(1) This form appears when the 'Load' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of lines, or load groups, is equal to NLG, as specified in the 'General' menu. Please refer to Figure 3.8 for wheel and axle arrangements.  
 (2) LOAD (type of loading): Assign 0 for single axle with single tire, 1 for single axle with dual tires, 2 for tandem axles, and 3 for tridem axles.  
 (3) CR (contact radius of circular loaded area).  
 (4) CP (contact pressure on circular loaded area).  
 (5) YW (center to center spacing between two dual wheels along the y axis): Assign 0 if there is only one wheel or LOAD = 0.  
 (6) XW (center to center spacing between two axles along the x axis): Assign 0 if only one axle exists, i.e. LOAD = 0 or 1.  
 (7) NR (number of radial coordinates to be analyzed under a single wheel, maximum 25): A single

OK

**Gambar 5.9 Tampilan Menu Input Data Load**

Setelah semua data telah di input pada setiap menu tampilan, langkah selanjutnya adalah simpan dan kembali ke menu utama KENPAVE. Setelah itu data di *running* dengan cara klik di menu *Kenlayer*. Untuk melihat hasil analisis tegangan dan regangan dilakukan dengan cara klik pada menu *Editor* dan buka nama *file*.

### 3. Hasil Analisis

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan berikut ini merupakan hasil dari *output* tegangan dan regangan dengan permodelan elastic menggunakan program KENPAVE yang dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

**Tabel 5.8 Hasil Program KENPAVE**

| Point | Koordinat Vertikal | Regangan Vertikal | Regangan Horizontal |
|-------|--------------------|-------------------|---------------------|
| 1     | 0                  | 550               | 1006,429            |
|       |                    | -5.649E-05        | 2,688E-04           |

Lanjutan Tabel 5.8 Hasil Program KENPAVE

| Point | Koordinat Vertikal | Regangan Vertikal | Regangan Horizontal |
|-------|--------------------|-------------------|---------------------|
| 1     | 9,9950             | 283,400           | -308,602            |
|       |                    | 4,645E-04         | -3,056E-04          |
|       | 10                 | 283,313           | -309,182            |
|       |                    | 4,649E-04         | -3,049E-04          |
|       | 50                 | 39,861            | -27,007             |
|       |                    | 2,135E-04         | -1,293E-04          |
|       | 50,0050            | 39,856            | 3,117               |
|       |                    | 2,501E-04         | -1293E-04           |
| 2     | 0                  | 550               | 560,171             |
|       |                    | -8,907E-05        | 1,295E-04           |
|       | 9,9950             | 205,164           | -27,961             |
|       |                    | 2,663E-04         | -2,824E-04          |
|       | 10                 | 205,128           | -28,071             |
|       |                    | 2,665E-04         | -2,826E-04          |
|       | 50                 | 43,186            | -30,534             |
|       |                    | 2,343E-04         | -1,377E-04          |
|       | 50,0050            | 43,180            | 3,804               |
|       |                    | 2,740E-04         | -1,376E04           |
| 3     | 0                  | 0                 | 409,529             |
|       |                    | -8,672E-05        | 8,266E-05           |
|       | 9,9950             | 149,916           | 149,917             |
|       |                    | 1,282E-04         | -2,548E-04          |
|       | 10                 | 149,929           | 149,929             |
|       |                    | 1,283E-04         | -2,551E-04          |
|       | 50                 | 43,785            | -31,134             |
|       |                    | 2,380E-04         | -1,392E-04          |
|       | 50,0050            | 43,779            | 3,938               |
|       |                    | 2,783E-04         | -1,392E-04          |

Tabel 5.9 Rekapitulasi Ouput Program KENPAVE

| Penulangan<br>Beban | Regangan<br>Horizontal<br>(9,995) | Regangan<br>Vertikal<br>(9,995) | Regangan<br>Vertikal<br>(50,005) |
|---------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 1                   | 0,000306                          | 0,0004645                       | 0,000250                         |
| 2                   | 0,000282                          | 0,000266                        | 0,000274                         |
| 3                   | 0,000255                          | 0,00001282                      | 0,000278                         |
| <b>Maksimum</b>     | <b>0,000306</b>                   | <b>0,000465</b>                 | <b>0,000278</b>                  |

#### 4. Kontrol Jumlah Beban Gandar

Output yang dihasilkan oleh program KENPAVE berupa nilai tegangan dan regangan selanjutnya digunakan untuk melakukan kontrol prediksi masa pelayanan jalan dalam menahan kerusakan terutama kerusakan *permanent deformation*, *rutting* dan *fatigue cracking*. Analisis kerusakan jalan dilakukan dengan menghitung nilai Nf untuk mengetahui nilai beban gandar maksimum sampai terjadi kerusakan *fatigue cracking* dan Nd untuk mengetahui nilai beban gandar maksimum sampai terjadi kerusakan *rutting* dan *permanent deformation* dimana nilainya diharuskan melebihi nilai CESA yang sudah diprediksi. Sementara nilai f4 dan f5 yang digunakan berdasarkan rekomendasi *Asphalt Intitute*.

##### a. Perhitungan nilai Nf (*fatigue cracking*)

Berikut ini merupakan perhitungan menggunakan Persamaan 3.6 untuk mengetahui beban gandar maksimum sampai terjadi kerusakan *fatigue cracking*.

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

$$N_f = 0,0796 (0,000306)^{-3,921} |1200000|^{-0,854}$$

$$N_f = 30.974.620,82 \text{ ESAL}$$

##### b. Perhitungan nilai Nd (*rutting*)

Berikut ini merupakan perhitungan menggunakan Persamaan 3.7 untuk beban gandar maksimum sampai terjadi kerusakan – kerusakan *rutting*.

$$N_{dr} = f_4 (\varepsilon_t)^{-f_5}$$

$$N_{dr} = 1,365 \times 10^{-9} (0,000464)^{-4,477}$$

$$N_{dr} = 1.140.348,49 \text{ ESAL}$$

c. Perhitungan nilai  $N_d$  (*permanent deformation*)

Berikut ini merupakan perhitungan menggunakan Persamaan 3.8 untuk beban gandar maksimum sampai terjadi kerusakan *permanent deformation*.

$$N_{dp} = f_4(\epsilon t)^{-f_5}$$

$$N_{dp} = 1,365 \times 10^{-9} (0,000278)^{-4,477}$$

$$N_{dp} = 11.299.182,59 \text{ ESAL}$$

5. Kontrol Prediksi Umur Pelayanan Jalan

Berdasarkan analisis tegangan dan regangan yang dihasilkan dari hasil analisis program KENPAVE dapat diketahui bahwa ruas Jalan Puncak-Linggarjati pada kondisi eksisting akan terjadi kerusakan *fatigue cracking* saat dilewati beban gandar sejumlah 30.974.620,82 ESAL, sedangkan kerusakan *rutting* akan terjadi saat dilewati beban gandar sejumlah 1.140.348,49 ESAL, sementara itu untuk kerusakan *permanent deformation* akan terjadi pada saat dilewati beban gandar sejumlah 11.299.182,59 ESAL. Berdasarkan analisis tersebut dapat diketahui kerusakan awal yang terjadi adalah *permanent deformation*. Dari hasil besaran beban gandar yang sudah diketahui tersebut, maka dapat dilakukan perhitungan prediksi umur pelayanan Jalan Puncak-Linggarjati terhadap kerusakan yang terjadi. Sebagai contoh perhitungan untuk kerusakan *permanent deformation* menggunakan Persamaan 3.9 adalah sebagai berikut ini.

$$ESA_1 = [(LHR_{\text{tiap jenis kendaraan} \times VDF}) \times 365 \times DD \times DL \times R]$$

$$ESA_1 = [(LHR_{\text{tiap jenis kendaraan} \times VDF}) \times 365 \times DD \times DL \times \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i}]$$

$$1.140.348,49 = \left[ (5 \times 1,3) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01 \times (3,5))^{UR}-1}{0,01 \times (3,5)} \right] +$$

$$1.140.348,49 = \left[ (352 \times 0,4) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01 \times (3,5))^{UR}-1}{0,01 \times (3,5)} \right] +$$

$$1.140.348,49 = \left[ (13 \times 3,2) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01 \times (3,5))^{UR}-1}{0,01 \times (3,5)} \right] +$$

$$1.140.348,49 = \left[ 1186,25 \times \frac{(1,035)^{UR}-1}{0,035} \right] + \left[ 25696 \times \frac{(1,035)^{UR}-1}{0,035} \right] +$$

$$1.140.348,49 = \left[ 7592 \times \frac{(1,035)^{UR}-1}{0,035} \right]$$

$$1.140.348,49 = ((1,035)^{UR} - 1) \times (33892,857) + (734171,429) + (216914,286)$$

$$1.140.348,49 = ((1,035)^{UR} - 1) \times (984978,572)$$

$$1.15774005 = ((1,035)^{UR} - 1)$$

$$2.15774005 = (1,035)^{UR}$$

$$UR = \frac{\log b}{\log a}$$

$$UR = \frac{\log 2.15774005}{\log 1,035}$$

$$UR = 22,356 \text{ Tahun} \approx 22 \text{ Tahun}$$

Hasil untuk prediksi umur masa pelayanan perkerasan desain 1 dalam menahan setiap kerusakan akibat beban lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut ini.

**Tabel 5.10 Hasil Analisis Perkerasan Lentur Eksisting**

| <b>Jenis Kerusakan</b>       | <b>Jumlah Repitisi Beban (ESAL)</b> | <b>Umur Pelayanan (Tahun)</b> |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| <i>Fatigue Cracking</i>      | 30.974.620,82                       | 101                           |
| <i>Permanent Deformation</i> | 11.299.182,59                       | 73                            |
| <i>Rutting</i>               | 1.140.348,49                        | 22                            |

Berdasarkan Tabel 5.10 dapat terlihat bahwa jalan Puncak-Linggarjati pertama kali mengalami kerusakan *Rutting* pada tahun ke 22 saat beban gandar maksimum sebesar 1.140.348,49 ESAL. Hal ini menunjukkan bahwa perkerasan desain 1 pemodelan elastik dapat menahan beban lalu lintas selama masa pelayanan jalan rencana 20 tahun. Hal ini disebabkan karena pada tahun ke-22 terjadi kerusakan *Rutting*. Sementara untuk kerusakan *Permanent Deformation* terjadi pada tahun ke 73 dengan beban gandar maksimum 11.299.182,59 ESAL dan *fatigue cracking* terjadi pada tahun ke 101 dengan beban gandar maksimum

30.974.620,82 *ESAL*. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa perkerasan desain 1 dengan pemodelan elastik mampu untuk menahan beban lalu lintas selama masa pelayanan jalan sampai terjadi kerusakan *rutting* dan kerusakan *permanent deformation* dan kerusakan *fatigue cracking* selama masa umur rencana 20 tahun.

### 5.3 Evaluasi Perkerasan Lentur Desain 1 Menggunakan Program Kenpave

Untuk mengetahui kerusakan dan kinerja perkerasan lentur dengan menggunakan program KENPAVE digunakan data tebal perkerasan lentur desain 1 yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Kuningan.

#### 5.3.1 Evaluasi perkerasan Desain 2 Menggunakan Permodelan Elastik

Untuk mengetahui kerusakan dan kinerja perkerasan lentur dengan menggunakan program KENPAVE digunakan data tebal perkerasan lentur desain 1 yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Kuningan.

##### 1. Data Analisis

##### a. Detail beban sumbu roda

1. Beban sumbu standar kendaraan yaitu 18.000 pon atau 8,16 ton.
2. Tekanan roda untuk satu ban sebesar  $0,55 \text{ kg/cm}^2$  atau 0,55 Mpa.
3. Jari-jari bidang kontak sebesar 11 cm.
4. Jarak antar masing-masing sumbu roda ganda sebesar 33 cm.

##### b. Parameter lapis perkerasan

Dalam analisis ini semua lapis diasumsikan menggunakan material elastik, lapisan tersebut terdiri dari lapisan *hot mix asphalti*, lapisan pondasi dan lapisan tanah dasar. Berdasarkan hal tersebut maka parameter yang digunakan dalam perhitungan ini hanya modulus elastisitas dan *poisson ratio* yang dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut ini.

**Tabel 5.11 Parameter Lapisan Perkerasan**

|             |                       |               |
|-------------|-----------------------|---------------|
| AC-WC       | Modulus Elastis (E)   | 1.100.000 Kpa |
|             | <i>Poisson Ration</i> | 0,40          |
| AC-BC       | Modulus Elastis (E)   | 1.200.000 Kpa |
|             | <i>Poisson Ratio</i>  | 0,40          |
| LFA Kelas A | Modulus Elastis (E)   | 315.000 Kpa   |
|             | <i>Poisson Ration</i> | 0,45          |
| LFA Kelas B | Modulus Elastis (E)   | 120.000 Kpa   |
|             | <i>Poisson Ratio</i>  | 0,45          |
| Tanah Dasar | Modulus Elastis (E)   | 150.000       |
|             | <i>Poisson Ratio</i>  | 0,45          |

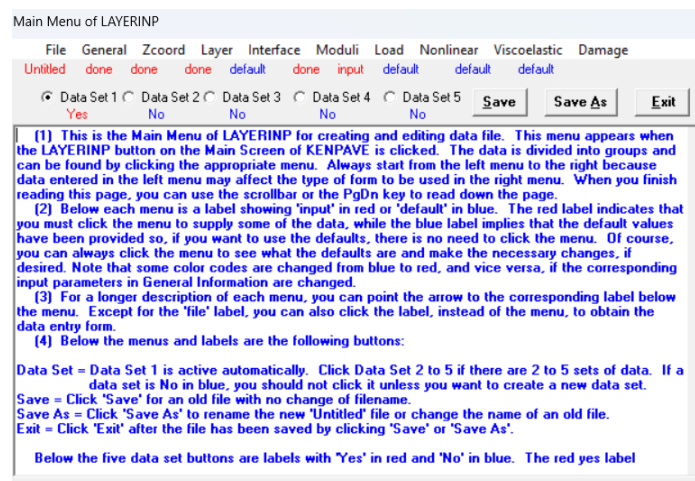
Sumber: Huang (20004)

## 2. Input Program KENPAVE

Berikut ini merupakan analisis menggunakan program KENPAVE pada perkerasan desain 1 untuk mengetahui tegangan dan regangannya dengan beberapa tahapan, dengan tahapannya adalah sebagai berikut.

### a. Input *Layernip*

Dalam menu ini tersedia beberapa pilihan dalam mengisi data-data yang dibutuhkan dalam analisis sesuai dengan bahan propertis dari perkerasan lentur

**Gambar 5.10 Tampilan Menu *Layernip***

Klik *file* dan klik *new* untuk memulai halaman baru pada menu *Layernip* agar data yang diinputkan Kembali ke setelan default.

b. *General*

Setelah itu memasukan data pada menu general adapun data yang dimasukan dapat dilihat pda Tabel 5.3 berikut ini.

**Tabel 5.12 Data Input Pada Menu *General***

| <b>Title</b> | <b>Nilai</b> | <b>Keterangan</b>                                                                 |
|--------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| MATL         | 1            | Bahan material lapisan perkerasan Linear Elastik                                  |
| NDAMA        | 0            | Tidak terdapat analisis kerusakan                                                 |
| NPY          | 1            | <i>Default</i>                                                                    |
| NLG          | 1            | <i>Default</i>                                                                    |
| DEL          | 0,001        | Standar dari akurasi                                                              |
| NL           | 5            | Total dari lapisan yang dianalisis ( <i>AC-W, AC-BC, LFA A, LFA B, Subgrade</i> ) |
| NZ           | 5            | Total titik tinjau untuk kerusakan                                                |
| ICL          | 80           | <i>Default</i>                                                                    |
| NSDT         | 9            | Digunakan untuk vertical displacement, nilai regangan dan tegangan                |
| NBOND        | 1            | Setiap lapisan terikat satu sama lain                                             |
| NLBT         | 0            | <i>Default</i>                                                                    |
| NLTC         | 0            | <i>Default</i>                                                                    |
| NUNIT        | 1            | Standar Internasional                                                             |

General Information of LAYERINP for Set No. 1

|                                                                                       |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| TITLE                                                                                 | Desian 2 |
| Type of material (1=linear, 2=nonlinear, 3=viscoelastic, 4=combined) (MATL)           | 1        |
| Damage analysis (0=no, 1=yes with summary only, 2=yes with detailed printout) (NDAMA) | 0        |
| Number of periods per year (NPY)                                                      | 1        |
| Number of load groups (NLG)                                                           | 1        |
| Tolerance for numerical integration (DEL)                                             | 0.001    |
| Number of layers (NL)                                                                 | 5        |
| Number of Z coordinates for analysis (NZ)                                             | 5        |
| Maximum cycles of numerical integration (ICL)                                         | 80       |
| Type of responses (1=displacements only, 5=plus stresses, 9=plus strains) (NSTD)      | 9        |
| All layer interfaces bonded (1=yes, 0=if some are frictionless) (NBOND)               | 1        |
| Number of layers for bottom tension (NLBT)                                            | 0        |
| Number of layers for top compression (NLTC)                                           | 0        |
| System of units (0=English, 1=SI) (NUNIT)                                             | 1        |

OK

(1) This form appears when the 'General' on the Main Menu of LAYERINP is clicked. You can override any of the default values by typing in a new value. You can use the Tab key to move the cursor from one textbox to the next or just click on the textbox before typing. The use of click has the advantage that you don't have to delete the default before typing in the data you want. If you want to read the remaining text, you can use the scrollbar. You can also use the PgDn key after clicking this textbox to make it active.

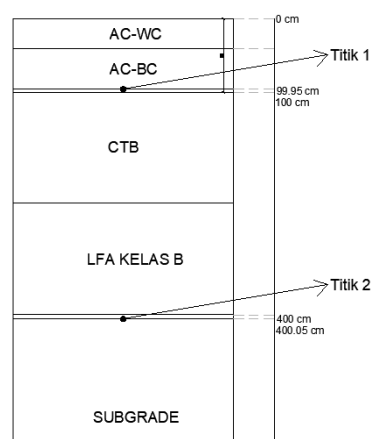
(2) TITLE (title of run): Any title or comment can be typed on one line. The title should not be longer than 68 characters including spaces. If you make a mistake in typing, use the Del key to erase any typographical errors. When the total length reaches 68, no additional characters can be added. No comma should be used in TITLE. Use colon or semicolon instead.

(3) MATL (types of material): 1 when all layers are linear elastic, 2 when some layers are nonlinear

**Gambar 5.11 Tampilan Input Data Pada Menu General**

c. *Zcoord*

Pada bagian ini, data yang dimasukkan adalah kedalaman titik kerusakan yang akan dianalisis. Titik tinjau 1 digunakan untuk menganalisis kerusakan *rutting* dan *fatigue cracking* yang terletak pada bagian bawah aspal. Sedangkan pada titik tinjau 2 yang berada pada bagian bawah perkerasan di gunakan untuk menganalisis kerusakan *permanent deformation*. Untuk lebih jelasnya titik tinjauan yang digunakan dalam analisis dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut ini.



**Gambar 5.12 Kedalaman Titik Tinjauan Kerusakan**

Sedangkan untuk detail data kedalaman yang di masukan pada menu *zcoord* dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.13 Detail Data Untuk *Input Zcoord*

| No | Kedalaman | Keterangan                              |
|----|-----------|-----------------------------------------|
| 1  | 0         | Permukaan lapis perkerasan              |
| 2  | 9,995     | Dasar lapis perkerasan (Titik tinjau 1) |
| 3  | 10        | Permukaan lapis pondasi                 |
| 4  | 40        | Dasar lapis pondasi                     |
| 5  | 40,005    | <i>Subgrade</i> (Titik tinjau 2)        |

Selanjutnya adalah memasukan data tersebut pada menu *zcoord*, berikut ini merupakan tampilan menu input *zcoord* pada program KENPAVE.

Unit cm

| Point No. | ZC     |
|-----------|--------|
| 1         | 0      |
| 2         | 9.995  |
| 3         | 10     |
| 4         | 40     |
| 5         | 40.005 |

(1) This form appears when the 'Zcoord' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of Z coordinates on this form is equal to NZ, 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. You should not click the other cell before pressing the Enter key, otherwise the data you have typed will move to the cell you click.

(2) ZC (vertical distance, or z coordinate, of each response point): When the point is located exactly at the interface between two layers, the results are at the bottom of upper layer. If the results at the top of lower layer are desired, a slightly larger z coordinate, say 0.0001 larger, should be used.

(3) After typing in the data in the first cell, move to the next cell by pressing the Enter or arrow down key.

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

nk

Gambar 5.13 Tampilan Menu Input Data *Zcoord*

d. *Layer*

Menu ini digunakan untuk memasukan data parameter perkerasan yang terdiri dari tebal perkerasan dan *poisson's ratio*. Nilai parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut yang didapatkan dari Huang (2004).

**Tabel 5.14 Parameter Perkerasan Untuk Input Layer**

| No Layer | Tebal (cm) | Poisson's Ratio | Keterangan |
|----------|------------|-----------------|------------|
| 1        | 4          | 0,40            | AC-WC      |
| 2        | 6          | 0,40            | AC-BC      |
| 3        | 15         | 0,35            | CTB        |
| 4        | 15         | 0,45            | LFA B      |
| 5        | 20         | 0,45            | Subgrade   |

Sumber: MDPJ (2024)

Layer Thickness, Poisson's Ratio and Unit Weight for Data Set No. 1

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

Unit      cm      kN/m<sup>3</sup>

| Layer No. | TH         | PR   |
|-----------|------------|------|
| 1         | 4          | 0.40 |
| 2         | 6          | 0.40 |
| 3         | 15         | 0.35 |
| 4         | 15         | 0.45 |
| 5         | XXXXXXXXXX | 0.45 |

Use <Ctrl>-<Del> to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and <Del> 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

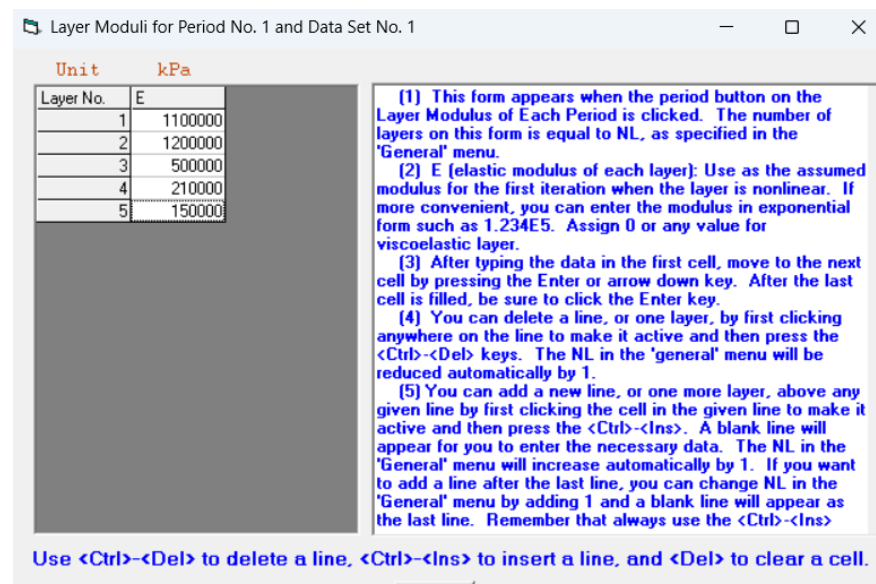
**Gambar 5.14 Tampilan Menu Input Data Layer Program KENPAVE**e. *Moduli*

Menu ini memiliki fungsi untuk menginput parameter perkerasan yang berubah modulus *resilient* atau modulus elastis, Nilai modulus elastis yang digunakan diperoleh dari MDPJ (2024). Adapun nilainya dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.15 Nilai Input Moduli

| No | Modulus Elastisitas (Kpa) |
|----|---------------------------|
| 1  | 1.100.000                 |
| 2  | 1.200.000                 |
| 3  | 500.000                   |
| 4  | 210.000                   |
| 5  | 150.000                   |

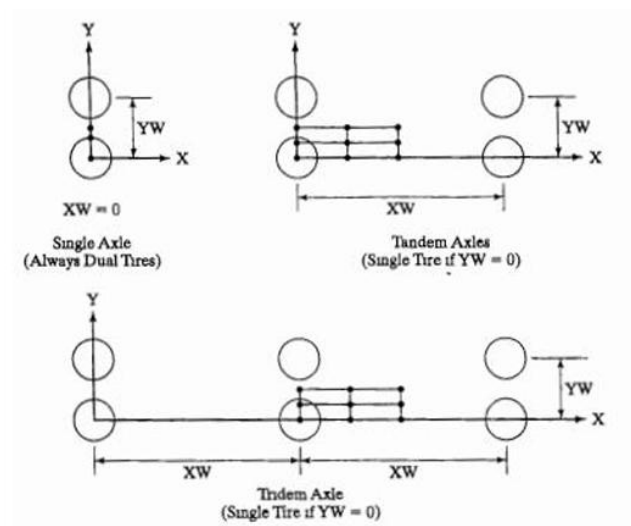
Sumber: MDPJ (2024)

Gambar 5.15 Tampilan Menu *Input Moduli*f. *Load*

Didalam menu ini data yang akan dimasukan berupa data beban gandar yang akan diterima oleh perkerasan. Adapun data tersebut adalah sebagai berikut.

- 1) *Load* = 1 (*Single axle load*, roda gandar tunggal)
- 2) *CR* = 11 cm (Berdasarkan nilai jarak antar ban)
- 3) *CP* = 0,55 Mpa = 550 Kpa (Berdasarkan nilai tekanan ban)
- 4) *YW* = 33 (Berdasarkan *Plan View of Multiple Wheels*)
- 5) *XW* = 0 (Berdasarkan *Plan View of Multiple Wheels*)

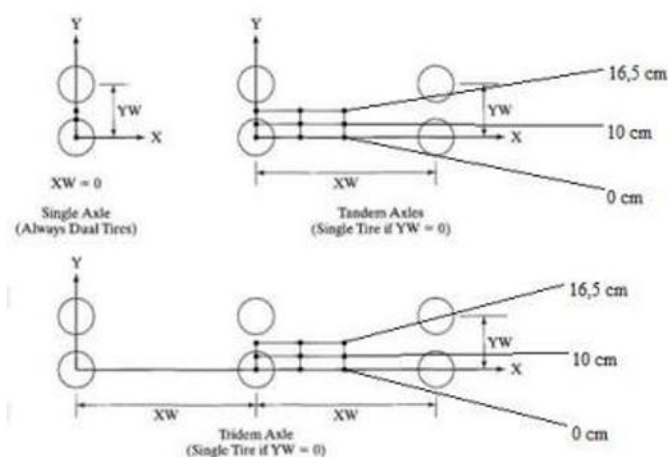
Di dalam analisis ini roda merupakan *single axle with dual tires* sehingga nilai  $YW$  dan  $XW$  diambil berdasarkan gambar 5.7 berikut.



**Gambar 5.16 Plan View of Multiple Wheels**

- 6)  $NPT$  or  $NR = 3$  (Jumlah koordinat tinjauan)

Sementara nilai  $NPT$  ditentukan berdasarkan tinjauan titik koordinat yang terdapat pada jenis roda *Single axle with dual tires*.



**Gambar 5.17 Koordinat NPT**

(Sumber: Huang 2004)

**Tabel 5.16 Koordinat Input NPT**

| X | Y    |
|---|------|
| 0 | 0    |
| 0 | 10   |
| 0 | 16,5 |

Load Information for Data Set No. 1

Double click anywhere on a line to get auxiliary form for NR or NPT.

| Unit          | CM   | kPa | CM  | CM |    |           |
|---------------|------|-----|-----|----|----|-----------|
| Load Group No | LOAD | CR  | CP  | YW | XW | NR or NPT |
| 1             | 1    | 11  | 550 | 33 | 0  | 3         |

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

[1] This form appears when the 'Load' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of lines, or load groups, is equal to NLG, as specified in the 'General' menu. Please refer to Figure 3.8 for wheel and axle arrangements.  
 [2] LOAD (type of loading): Assign 0 for single axle with single tire, 1 for single axle with dual tires, 2 for tandem axles, and 3 for tridem axles.  
 [3] CR (contact radius of circular loaded area).  
 [4] CP (contact pressure on circular loaded area).  
 [5] YW (center to center spacing between two dual wheels along the y axis): Assign 0 if there is only one wheel or LOAD = 0.  
 [6] XW (center to center spacing between two axles along the x axis): Assign 0 if only one axle exists, i.e. LOAD = 0 or 1.  
 [7] NR (number of radial coordinates to be analyzed under a single wheel, maximum 25): A single

OK

**Gambar 5.18 Tampilan Menu Input Data Load**

Setelah semua data telah di input pada setiap menu tampilan, langkah selanjutnya adalah simpan dan kembali ke menu utama KENPAVE. Setelah itu data di *running* dengan cara klik di menu *Kenlayer*. Untuk melihat hasil analisis tegangan dan regangan dilakukan dengan cara klik pada menu *Editor* dan buka nama *file*.

## 6. Hasil Analisis

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan berikut ini merupakan hasil dari *output* tegangan dan regangan dengan permodelan elastic menggunakan program KENPAVE yang dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

**Tabel 5.17 Hasil Program KENPAVE**

| <b>Point</b> | <b>Koordinat Vertikal</b> | <b>Regangan Vertikal</b> | <b>Regangan Horizontal</b> |
|--------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 1            | 0                         | 550,000                  | 1004,859                   |
|              |                           | -3,855E-06               | 2,457E-04                  |
|              | 9,9950                    | 305,580                  | -137,690                   |
|              |                           | 3,590E-04                | -2,034E-4                  |
|              | 10,000                    | 305,454                  | -138,092                   |
|              |                           | 3,592E-04                | -2,036-04                  |
|              | 40,005                    | 50,581                   | 5,670                      |
|              |                           | 3,093E-04                | -1,614E-04                 |
| 2            | 0                         | 550,000                  | 558,027                    |
|              |                           | -8,199E-05               | 1,338E-04                  |
|              | 9,9950                    | 201,611                  | 28,714                     |
|              |                           | 1,928E-04                | -1,831E-04                 |
|              | 10,000                    | 201,556                  | 28,664                     |
|              |                           | 1,929E-04                | -1,833E-04                 |
|              | 40,005                    | 54,488                   | 7,026                      |
|              |                           | 3,358E-04                | -1,726E094                 |
| 3            | 0                         | 0                        | 429,206                    |
|              |                           | -9,364E-05               | 1,008E-04                  |
|              | 9,9950                    | 128,689                  | 128,689                    |
|              |                           | 7,467E-05                | -1,611E-04                 |
|              | 10,000                    | 128,703                  | 128,703                    |
|              |                           | 7,475E-05                | -1,613E-04                 |
|              | 40,005                    | 55,078                   | 7,340                      |
|              |                           | 3,395E-04                | -1,746E-04                 |

Tabel 5.18 Rekapitulasi Ouput Program KENPAVE

| Pengulangan<br>Beban | Regangan<br>Horizontal<br>(9,9950) | Regangan<br>Vertikal<br>(9,9950) | Regangan<br>Vertikal<br>(40,005) |
|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1                    | 0,000203                           | 0,000359                         | 0,0003093                        |
| 2                    | 0,000183                           | 0,0001928                        | 0,0003358                        |
| 3                    | 0,000161                           | 0,00007467                       | 0,0003395                        |
| <b>Maksimum</b>      | <b>0,000203</b>                    | <b>0,000359</b>                  | <b>0,000340</b>                  |

## 7. Kontrol Jumlah Beban Gandar

Output yang dihasilkan oleh program KENPAVE berupa nilai tegangan dan regangan selanjutnya digunakan untuk melakukan kontrol prediksi masa pelayanan jalan dalam menahan kerusakan terutama kerusakan *permanent deformation*, *rutting* dan *fatigue cracking*. Analisis kerusakan jalan dilakukan dengan menghitung nilai  $N_f$  untuk mengetahui nilai beban gandar maksimum sampai terjadi kerusakan *fatigue cracking* dan  $N_d$  untuk mengetahui nilai beban gandar maksimum sampai terjadi kerusakan *rutting* dan *permanent deformation* dimana nilainya diharuskan melebihi nilai *CESA* yang sudah diprediksi. Sementara nilai  $f_4$  dan  $f_5$  yang digunakan berdasarkan rekomendasi *Asphalt Intitute*.

### a. Perhitungan nilai $N_f$ (*fatigue cracking*)

Berikut ini merupakan perhitungan menggunakan Persamaan 3.6 untuk mengetahui beban gandar maksimum sampai terjadi kerusakan *fatigue cracking*.

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

$$N_f = 0,0796 (0,000203)^{-3,921} |1200000|^{-0,854}$$

$$N_f = 152.843.936,40 \text{ ESAL}$$

### b. Perhitungan nilai $N_d$ (*rutting*)

Berikut ini merupakan perhitungan menggunakan Persamaan 3.7 untuk beban gandar maksimum sampai terjadi kerusakan – kerusakan *rutting*.

$$N_{dr} = f_4 (\varepsilon_t)^{-f_5}$$

$$N_{dr} = 1,365 \times 10^{-9} (0,000359)^{-4,477}$$

$$N_{dr} = 3.613.888,97 \text{ ESAL}$$

c. Perhitungan nilai  $N_d$  (*permanent deformation*)

Berikut ini merupakan perhitungan menggunakan Persamaan 3.8 untuk beban gandar maksimum sampai terjadi kerusakan *permanent deformation*.

$$N_{dp} = f_4(\epsilon t)^{-f_5}$$

$$N_{dp} = 1,365 \times 10^{-9} (0,000340)^{-4,477}$$

$$N_{dp} = 4.640.480,61 \text{ ESAL}$$

8. Kontrol Prediksi Umur Pelayanan Jalan

Berdasarkan analisis tegangan dan regangan yang dihasilkan dari hasil analisis program KENPAVE dapat diketahui bahwa ruas Jalan Puncak-Linggarjati pada kondisi eksisting akan terjadi kerusakan *fatigue cracking* saat dilewati beban gandar sejumlah 152.843.936,40 ESAL, sedangkan kerusakan *rutting* akan terjadi saat dilewati beban gandar sejumlah 3.613.888,97 ESAL, sementara itu untuk kerusakan *permanent deformation* akan terjadi pada saat dilewati beban gandar sejumlah 4.640.480,61 ESAL. Berdasarkan analisis tersebut dapat diketahui kerusakan awal yang terjadi adalah *permanent deformation*. Dari hasil besaran beban gandar yang sudah diketahui tersebut, maka dapat dilakukan perhitungan prediksi umur pelayanan Jalan Puncak-Linggarjati terhadap kerusakan yang terjadi. Sebagai contoh perhitungan untuk kerusakan *permanent deformation* menggunakan Persamaan 3.9 adalah sebagai berikut ini.

$$ESA_1 = [(LHR_{\text{tiap jenis kendaraan} \times VDF}) \times 365 \times DD \times DL \times R]$$

$$ESA_1 = [(LHR_{\text{tiap jenis kendaraan} \times VDF}) \times 365 \times DD \times DL \times \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i}]$$

$$3.613.888,87 = \left[ (5 \times 1,3) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01 \times (3,5))^{UR}-1}{0,01 \times (3,5)} \right] +$$

$$3.613.888,87 = \left[ (352 \times 0,4) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01 \times (3,5))^{UR}-1}{0,01 \times (3,5)} \right] +$$

$$3.613.888,87 = \left[ (13 \times 3,2) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01 \times (3,5))^{UR}-1}{0,01 \times (3,5)} \right] +$$

$$3.613.888,87 = \left[ 1186,25 \times \frac{(1,035)^{UR}-1}{0,035} \right] + \left[ 25696 \times \frac{(1,035)^{UR}-1}{0,035} \right] +$$

$$3.613.888,87 = \left[ 7592 \times \frac{(1,035)^{UR}-1}{0,035} \right]$$

$$3.613.888,87 = ((1,035)^{UR} - 1) \times (33892,857) + (734171,429) + (216914,286)$$

$$3.613.888,87 = ((1,035)^{UR} - 1) \times (984978,572)$$

$$3,36690023 = ((1,035)^{UR} - 1)$$

$$4,36690023 = (1,035)^{UR}$$

$$UR = \frac{\log b}{\log a}$$

$$UR = \frac{\log 4,36690023}{\log 1,035}$$

$$UR = 42,64822713 \text{ Tahun} \approx 43 \text{ Tahun}$$

Hasil untuk prediksi umur masa pelayanan perkerasan desain 1 dalam menahan setiap kerusakan akibat beban lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut ini.

**Tabel 5.19 Hasil Analisis Perkerasan Lentur Desain 1**

| <b>Jenis Kerusakan</b>       | <b>Jumlah Repitisi Beban<br/>(ESAL)</b> | <b>Umur Pelayanan<br/>(Tahun)</b> |
|------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Fatigue Cracking</i>      | 152.843.936,40                          | 147                               |
| <i>Permanent Deformation</i> | 4.640.480,97                            | 51                                |
| <i>Rutting</i>               | 3.613.888,97                            | 43                                |

Berdasarkan Tabel 5.10 dapat terlihat bahwa jalan Puncak-Linggarjati pertama kali mengalami kerusakan *Rutting* pada tahun ke 43 saat beban gandar maksimum sebesar 3.613.888,97 ESAL. Hal ini menunjukkan bahwa perkerasan desain 1 pemodelan elastik dapat menahan beban lalu lintas selama masa pelayanan jalan rencana 20 tahun. Hal ini disebabkan karena pada tahun ke-24 terjadi kerusakan *Rutting*. Sementara untuk kerusakan *Permanent Deformation* terjadi pada tahun ke 51 dengan beban gandar maksimum 4.640.480,97ESAL dan *fatigue cracking* terjadi pada tahun ke 147 dengan beban gandar maksimum

152.843.936,40ESAL. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa perkerasan desain 1 dengan pemodelan elastik mampu untuk menahan beban lalu lintas selama masa pelayanan jalan sampai terjadi kerusakan *rutting* dan kerusakan *permanent deformation* dan kerusakan *fatigue cracking* selama masa umur rencana 20 tahun.

#### **5.4 Evaluasi Perkerasan Lentur Desain Alternatif Menggunakan Program KENPAVE**

Hasil analisis pada perkerasan lentur Desain 1 menunjukkan ruas jalan Puncak-Linggarjati Jawa Barat mampu menahan beban lalu lintas selama umur rencana. Oleh karena itu dibutuhkan alternatif desain perkerasan yang mampu menahan beban lalu lintas selama umur rencana. Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk melakukan perencanaan desain tebal perkerasan alternatif adalah metode Bina Marga 2024.

##### **5.4.1 Desain Perkerasan Lentur Desain 1 Metode Bina Marga 2024**

Perancangan desain perkerasan lentur Desain alternatif dengan menggunakan metode Bina Marga 2024 dilakukan dengan beberapa tahapan dalam pengerjaannya. Adapun tahapan yang harus dikerjakan adalah sebagai berikut ini.

##### **1. Umur Rencana**

Umur rencana ditentukan berdasarkan Tabel 3.3 yaitu didapat umur rencana selama 20 tahun.

##### **2. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas**

Faktor pertumbuhan lalu lintas ditetapkan berdasarkan data pertumbuhan historikal melalui formulasi yang memiliki korelasi dengan faktor pertumbuhan yang valid. Di Indonesia, jumlah penduduk terus mengalami peningkatan setiap tahun, yang dapat menimbulkan berbagai permasalahan di masyarakat. Untuk ruas jalan kolektor di wilayah pedesaan (rural) yang berada di Jawa Barat, tepatnya pada Jalan Puncak-Linggarjati Kabupaten Kuningan, digunakan faktor pertumbuhan lalu lintas sebesar 3,5%. Faktor ini diperlukan

untuk memproyeksikan kondisi lalu lintas pada masa mendatang.

### 3. Faktor Penggali Pertumbuhan Lalu Lintas

Dengan menggunakan nilai factor penggali pertumbuhan lalu lintas dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{R aktual} &= \frac{1+[0,01i]^{\text{UR}-1}}{0,01i} \\ &= \frac{1+[0,01 \times 3,5]^2-1}{0,01 \times 3,5} \\ &= 2,035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{R normal} &= \frac{1+[0,01i]^{\text{UR}-1}}{0,01i} \\ &= \frac{1+[0,01 \times 3,5]^{18}-1}{0,01 \times 3,5} \\ &= 24,50 \end{aligned}$$

### 4. Faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur (DL)

Jalan Puncak-Linggarjati merupakan jalan dengan sistem dua arah sehingga ini faktor distribusi arah (DD) berdasarkan Tabel 3.5 diambil nilai sebesar 0,5. Sementara untuk faktor distribusi lajur (DL) berdasarkan tabel 3.6 diambil nilai 100%.

### 5. VDF (*Vehicle Damage Factor*)

Nilai VDF yang digunakan dalam perhitungan tebal perkerasan alternatif yang digunakan untuk menghitung ESa adalah VDF normal karena desain jalan direncanakan akan dibangun pada tahun 2023 dan akan beroperasi pada tahun 2026, sehingga merujuk pada metode Bina Marga 2024 yang menyatakan tingkat pembebanan faktual berlebih diasumsikan berlangsung sampai 2028. Setelah tahun 2028, diasumsikan beban kendaraan sudah terkendali dengan berdasarkan Tabel 3.7, sedangkan untuk hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.23 sebagai berikut.

**Tabel 5.20 Nilai VDF (*Vehicle Damage Factor*) untuk perhitungan ESA**

| Kode | Jenis Kendaraan          | VDF 4<br>(Normal) | VDF 5<br>(Normal) |
|------|--------------------------|-------------------|-------------------|
| 1    | Sepeda motor             | -                 | -                 |
| 2    | Sedan, jeep              | -                 | -                 |
| 3    | Angkutan umum            | -                 | -                 |
| 4    | Pick up                  | -                 | -                 |
| -    | Mobil hantaran           | -                 | -                 |
| 5a   | Bus kecil                | -                 | -                 |
| 5b   | Bus besar                | 0,5               | 1,3               |
| 6a   | Truk 2 as                | 0,5               | 0,4               |
| 7a1  | Truk 3 as                | 2,8               | 3,2               |
| 7b1  | Truk gandeng             | -                 | -                 |
| 7c1  | Trailer                  | 4,5               | 5,7               |
| 8    | Kendaraan tidak bermotor | -                 | -                 |

(Sumber: Bina Marga 2024)

Karena pendekatan desain menggunakan mekanistik-empiris maka dari data VDF yang telah ditentukan sebelumnya langkah selanjutnya dapat dihitung nilai LHR pada saat proses pembangunan jalan (2023 - 2028) dan ESAL 5 pada saat jalan mulai beroperasi sampai umur rencana (2026 - 2046). Berikut ini merupakan contoh perhitungan ESAL pada kendaraan golongan 5b dengan menggunakan Persamaan 3.13.

$$\begin{aligned}
 \text{LHR 2026 (Saat jalan di buka)} &= \text{LHR 2023} \times (1 + i)^{UR} \\
 &= 13 \times (1 + 3,5)^3 \\
 &= 14
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ESA 5 (2026-2028)} &= (\Sigma \text{LHR} \times \text{VDF}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\
 &= (14 \times 1,3) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times 2,04 \\
 &= 6958,81092
 \end{aligned}$$

$$\text{ESA 5 (2026-2028)} = (\Sigma \text{LHR} \times \text{VDF}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R}$$

$$\begin{aligned} &= (14 \times 1,3) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times 24,50 \\ &= 182631,7784 \end{aligned}$$

Untuk rekapitulasi perhitungan jenis kendaraan lain dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut ini.

**Tabel 5.21 Rekapitulasi perhitungan Nilai ESAL**

| Jenis Kendaraan         | LHR 2026 | LHR 2028 | VDF 5<br>FAKTUAL | VDF 5<br>NORMAL | ESA 5<br>(2028-2046)        | ESA 5<br>(2028-2046) |
|-------------------------|----------|----------|------------------|-----------------|-----------------------------|----------------------|
| 1                       | 13450    | 14408    | 0                | 0               | 0                           | 0                    |
| 2                       | 2699     | 2891     | 0                | 0               | 0                           | 0                    |
| 3                       | 1222     | 1309     | 0                | 0               | 0                           | 0                    |
| 4                       | 1033     | 1107     | 0                | 0               | 0                           | 0                    |
| -                       | 0        | 0        | 0                | 0               | 0                           | 0                    |
| 5a                      | 28       | 30       | 0                | 0               | 0                           | 0                    |
| 5b                      | 14       | 15       | 1,3              | 1,3             | 6958,8102                   | 182631,7784          |
| 6a                      | 328      | 352      | 0,4              | 0,4             | 48752,8528                  | 1279503,11           |
| 7a1                     | 12       | 13       | 12,3             | 3,2             | 55711,6638                  | 380392,8166          |
| 7b1                     | 0        | 0        | 0                | 0               | 0                           | 0                    |
| 7c1                     | 0        | 0        | 9,6              | 5,7             | 0                           | 0                    |
| 8                       | 14       | 17       | 0                | 0               | 0                           | 0                    |
| <b>Jumlah ESA 5</b>     |          |          |                  |                 | 111423,328                  | 1842527,705          |
| <b>CESA (2026-2046)</b> |          |          |                  |                 | <b>1.953.951,033</b>        |                      |
|                         |          |          |                  |                 | <b>2,0 x 10<sup>6</sup></b> |                      |

Desain hasil perhitungan Tabel 5.24 tersebut maka didapatkan hasil CESA 5 (2026-2046) yaitu sebesar 1.953.951,033 ESAL.

## 6. Menentukan tipe perkerasan

Dalam MDPJ 2024 dijelaskan bahwa desain tebal perkerasan didasarkan pada nilai ESA pangkat 4 dan pangkat 5 tergantung pada model kerusakan (*dereriration model*) dan pendekatan desain yang digunakan. Pangkat 5 digunakan untuk desain perkerasan lentur (kaitannya dengan faktor kelelahan aspal beton dalam desain pendekatan Mekanistik Empiris) termasuk perencanaan tebal *overlay* berdasarkan grafik lengkung lendutan (*curvature curve*) untuk kriteria retak lelah (*fatigue*). Hasil CESA 5 yang sudah didapatkan digunakan untuk menentukan tipe perkerasan karena pendekatan desain merupakan pendekatan mekanistik empiris. Berdasarkan perhitungan didapatkan CESA 5 yaitu sebesar 1.953.951,033 ESAL lalu di bulatkan ke atas menjadi  $2 \times 10^6$  ESAL maka tipe perkerasan yang digunakan dalam desain berdasarkan Tabel 3.8 yaitu Aspal Pen 60-70

**Tabel 5.22 Pemilihan Tipe Perkerasan Desain 1**

| Struktur Perkerasan                           | Bagan Desain | ESA 5 (juta) dalam 20 tahun |     |      |        |     |
|-----------------------------------------------|--------------|-----------------------------|-----|------|--------|-----|
|                                               |              | 0-1                         | 1-4 | 4-10 | >10-30 | >30 |
| AC modifikasi                                 | 3,3A,3B      | -                           | -   | -    | -      | 2   |
|                                               |              |                             |     |      | 2      | -   |
| AC dengan CTB                                 |              |                             |     |      | -      | 2   |
| AC Modifikasi dengan CTB                      |              |                             |     |      | 2      | -   |
| AC dengan lapis fondasi agregat               | 3,3A,3B      | -                           | 1,2 | 1,2  | 2      | -   |
| HRS tipis di atas lapis fondasi agregat       | 4            | 2                           | 2   | -    | -      | -   |
| Burda atau Burtu dengan lapis fondasi agregat | 5            | 3                           | 3   | -    | -      | -   |
| AC/HRS dengan dengan lapis fondasi agregat    | 6            | 2                           | 2   | -    | -      | -   |

## 7. Desain tebal perkerasan

Untuk mendapatkan desain tebal perkerasan ditentukan berdasarkan Tabel 3.8 dan Tabel 3.9 menggunakan nilai *CESA* 5 sebesar 1.953.951,033 ESAL sehingga didapatkan tebal lapisan perkerasan lentur sebagai berikut.

**Tabel 5.23 Desain Perkerasaan Lentur**

|                                               | STRUKTUR PERKERASAN                                       |         |         |         |         |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
|                                               | FFF (1)                                                   | FFF (1) | FFF (1) | FFF (1) | FFF (1) |
|                                               | 1                                                         | 2       | 3       | 4       | 5       |
|                                               | Untuk beban rencana <30 juta ESA5 menggunakan Aspal 60-70 |         |         |         |         |
| Beban rencana 20 tahun (10 <sup>6</sup> ESA5) | <2                                                        | >2-5    | >5-10   | >10-15  | >15-30  |
| Tebal Perkerasan (mm)                         |                                                           |         |         |         |         |
| AC WC                                         | 60                                                        | 40      | 40      | 40      | 40      |
| AC BC                                         | -                                                         | 65      | 75      | 75      | 60      |
|                                               | -                                                         | 80      | 80      | -       | --      |
| AC Base                                       | -                                                         | -       | -       | 100     | 80      |
|                                               | -                                                         | -       | -       | -       | 80      |
|                                               | -                                                         | -       | -       | -       | -       |
| Lapis Fondasi Agregat Kelas A                 | 200                                                       | 200     | 200     | 200     | 200     |

(Sumber: Bina Marga 2024)

|             |        |
|-------------|--------|
| AC-WC       | 40 mm  |
| AC-BC       | 80 mm  |
| LFA KELAS A | 200 mm |
| LFA KELAS B | 150 mm |
| SUBGRADE    | 200 mm |

**Gambar 5.19 Tebal Perkerasan Desain Alternatif 1**

**Tabel 5.24 Desain Perkerasan Lentur AC dengan CTB**

|                                       | STRUKTUR PERKERASAN                                           |         |         |         |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|                                       | F (1) 1                                                       | F (1) 2 | F (1) 3 | F (1) 4 |
|                                       | Untuk beban rencana <30 juta ESA5 menggunakan Aspal Pen 60-70 |         |         |         |
| Beban rencana 20 tahun ( $10^6$ ESA5) | >1-6                                                          | >6-10   | >10-20  | >20-30  |
| Jenis Permukaan berpengikut           | AC                                                            |         |         |         |
| Jenis lapis fondasi                   | Cement Treated Base (CTB)                                     |         |         |         |
|                                       | Tebal Perkerasan (mm)                                         |         |         |         |
| AC WC                                 | 40                                                            | 40      | 50      | 40      |
| AC BC                                 | 60                                                            | 75      | 80      | 65      |
|                                       | -                                                             | -       | -       | 70      |
| AC Base <sup>(1)</sup>                | -                                                             | -       | -       | -       |
|                                       | -                                                             | -       | -       | -       |
| CTB                                   | 150                                                           | 150     | 150     | 150     |
| Lapis Fondasi Agregat Kelas B         | 150                                                           | 150     | 150     | 150     |

(Sumber: Bina Marga 2024)

**Lanjutan Tabel 5.24 Desain Perkerasan Lentur AC dengan CTB**

|                                               |                                                               |         |         |         |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|                                               | STRUKTUR PERKERASAN                                           |         |         |         |
|                                               | F (1) 1                                                       | F (1) 2 | F (1) 3 | F (1) 4 |
|                                               | Untuk beban rencana <30 juta ESA5 menggunakan Aspal Pen 60-70 |         |         |         |
| Beban rencana 20 tahun (10 <sup>6</sup> ESA5) | >1-6                                                          | >6-10   | >10-20  | >20-30  |
| Jenis Permukaan berpengikut                   | AC                                                            |         |         |         |
| Jenis lapis fondasi                           | Cement Treated Base (CTB)                                     |         |         |         |
|                                               | Tebal Perkerasan (mm)                                         |         |         |         |
| Lapis Fondasi Agregat Kelas B                 | 150                                                           | 150     | 150     | 150     |

(Sumber: Bina Marga 2024)

|             |        |
|-------------|--------|
| AC-WC       | 40 mm  |
| AC-BC       | 60 mm  |
| CTB         | 140 mm |
| LFA KELAS B | 150 mm |
| SUBGRADE    | 200 mm |

**Gambar 5.20 Tebal Perkerasan Alternatif 2**

Setelah dilakukan desain tebal perkerasan lentur dengan menggunakan metode Bina Marga 2024 dan didapatkan 2 alternatif desain maka selanjutnya adalah desain tersebut dianalisis menggunakan program KENPAVE dengan permodelan elastik untuk mengevaluasi kerusakan dan kinerja perkerasan tersebut.

#### 5.4.2 Evaluasi Perkerasan Lentur Desain Desain 1

Untuk mengevaluasi kerusakan dan kinerja perkerasan lentur dari desain alternatif 1, program KENPAVE digunakan untuk mengetahui tegangan dan regangan yang terjadi dengan permodelan elastik. Berikut merupakan tahapan kerja untuk mengetahui kinerja dari perkerasan alternatif 1 dengan permodelan elastik.

##### 1. Data Analisis

###### a. Detail beban sumbu roda

1. Beban sumbu standar kendaraan yaitu 18.000 pon atau 8,16 ton.
2. Tekanan roda untuk satu ban sebesar 0,55 kg/cm<sup>2</sup> atau 0,55 Mpa.
3. Jari-jari bidang kontak sebesar 11 cm.
4. Jarak antar masing-masing sumbu roda ganda sebesar 33 cm.

###### b. Parameter lapis perkerasan

Dalam analisis ini semua lapisan diasumsikan menggunakan material elastik, lapis tersebut terdiri dari lapisan *hot mix asphalt*, lapisan pondasi dan lapisan tanah dasar. Berdasarkan hal tersebut maka parameter yang digunakan dalam perhitungan ini hanya modulus elastisitas dan *poisson ratio* yang dapat dilihat pada Tabel 5,28 berikut ini.

**Tabel 5.25 Parameter Lapisan Perkerasan**

|             |                      |           |
|-------------|----------------------|-----------|
| AC-WC`      | Modulus Elastik (E)  | 1.100.000 |
|             | <i>Poisson Ratio</i> | 0,40      |
| AC-BC       | Modulus Elastik (E)  | 1.200.000 |
|             | <i>Poisson Ratio</i> | 0,40      |
| LFA KELAS A | Modulus Elastik (E)  | 315.000   |
|             | <i>Poisson Ratio</i> | 0,45      |

**Lanjutan Tabel 5.25 Parameter Lapisan Perkerasan**

|             |                      |         |
|-------------|----------------------|---------|
| LFA Kelas B | Modulus Elastik (E)  | 210.000 |
|             | <i>Poisson Ratio</i> | 0,30    |
| Subgrade    | Modulus Elastik (E)  | 150.000 |
|             | <i>Poisson Ratio</i> | 0,45    |

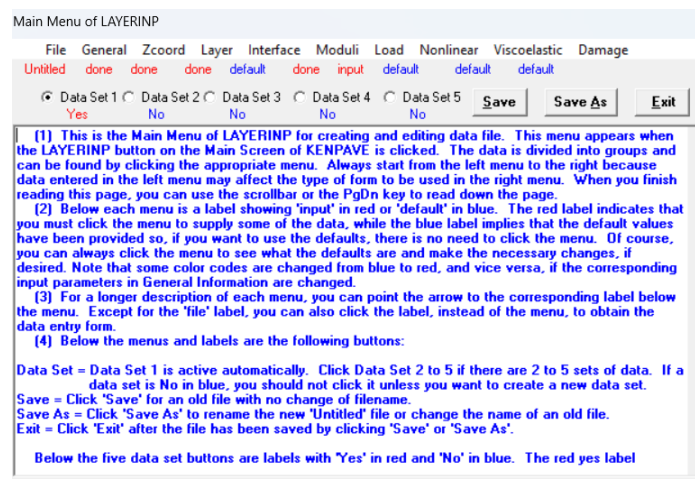
Sumber: Bina Marga (2024)

## 2. Input Program KENPAVE

Berikut ini merupakan analisis menggunakan program KENPAVE pada perkerasan desain 1 untuk mengetahui tegangan dan regangannya dengan beberapa tahapan, dengan tahapannya adalah sebagai berikut.

### a. Input *Layerinp*

Dalam menu ini tersedia beberapa pilihan dalam mengisi data-data yang dibutuhkan dalam analisis sesuai dengan bahan propertis dari perkerasan lentur



**Gambar 5.21 Tampilan Menu *Layerinp***

Klik *file* dan klik *new* untuk memulai halaman baru pada menu *Layerinp* agar data yang diinputkan Kembali ke setelan default.

### b. *General*

Setelah itu memasukan data pada menu general adapun data yang dimasukan dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5.26 Data Input Pada Menu *General*

| Title | Nilai | Keterangan                                                               |
|-------|-------|--------------------------------------------------------------------------|
| MATL  | 1     | Bahan material lapisan perkerasan Linear Elastik                         |
| NDAMA | 0     | Tidak terdapat analisis kerusakan                                        |
| NPY   | 1     | <i>Default</i>                                                           |
| NLG   | 1     | <i>Default</i>                                                           |
| DEL   | 0,001 | Standar dari akurasi                                                     |
| NL    | 5     | Total dari lapisan yang dianalisis (AC-W, AC-BC, LFA A, LFA B, Subgrade) |
| NZ    | 5     | Total titik tinjau untuk kerusakan                                       |
| ICL   | 80    | <i>Default</i>                                                           |
| NSDT  | 9     | Digunakan untuk vertical displacement, nilai regangan dan tegangan       |
| NBOND | 1     | Setiap lapisan terikat satu sama lain                                    |
| NLBT  | 0     | <i>Default</i>                                                           |
| NLTC  | 0     | <i>Default</i>                                                           |
| NUNIT | 1     | Standar Internasional                                                    |

General Information of LAYERINP for Set No. 1

TITLE Desain 2

|                                                                               |         |       |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|
| Type of material (1=linear, 2=nonlinear, 3=viscoelastic, 4=combined)          | (MATL)  | 1     |
| Damage analysis (0=no, 1=yes with summary only, 2=yes with detailed printout) | (NDAMA) | 0     |
| Number of periods per year                                                    | (NPY)   | 1     |
| Number of load groups                                                         | (NLG)   | 1     |
| Tolerance for numerical integration                                           | (DEL)   | 0.001 |
| Number of layers                                                              | (NL)    | 5     |
| Number of Z coordinates for analysis                                          | (NZ)    | 5     |
| Maximum cycles of numerical integration                                       | (ICL)   | 80    |
| Type of responses (1=displacements only, 5=plus stresses, 9=plus strains)     | (NSTD)  | 9     |
| All layer interfaces bonded (1=yes, 0=if some are frictionless)               | (NBOND) | 1     |
| Number of layers for bottom tension                                           | (NLBT)  | 0     |
| Number of layers for top compression                                          | (NLTC)  | 0     |
| System of units (0=English, 1=SI)                                             | (NUNIT) | 1     |

OK

(1) This form appears when the 'General' on the Main Menu of LAYERINP is clicked. You can override any of the default values by typing in a new value. You can use the Tab key to move the cursor from one textbox to the next or just click on the textbox before typing. The use of click has the advantage that you don't have to delete the default before typing in the data you want. If you want to read the remaining text, you can use the scrollbar. You can also use the PgDn key after clicking this textbox to make it active.

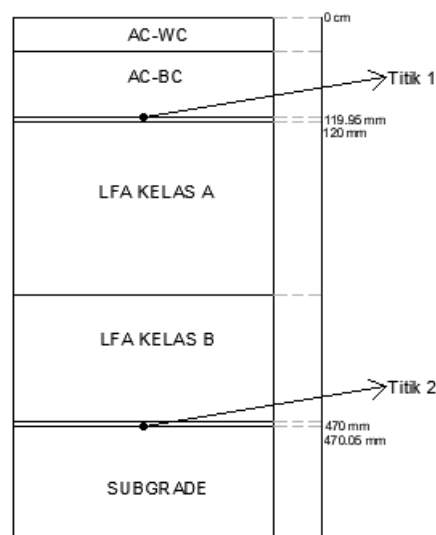
(2) TITLE (title of run): Any title or comment can be typed on one line. The title should not be longer than 68 characters including spaces. If you make a mistake in typing, use the Del key to erase any typographical errors. When the total length reaches 68, no additional characters can be added. No comma should be used in TITLE. Use colon or semicolon instead.

(3) MATL (types of material): 1 when all layers are linear elastic, 2 when some layers are nonlinear

Gambar 5.22 Tampilan Input Data Pada Menu *General*

c. *Zcoord*

Pada bagian ini, data yang dimasukkan adalah kedalaman titik kerusakan yang akan dianalisis. Titik tinjau 1 digunakan untuk menganalisis kerusakan *rutting* dan *fatigue cracking* yang terletak pada bagian bawah aspal. Sedangkan pada titik tinjau 2 yang berada pada bagian bawah perkerasan di gunakan untuk menganalisis kerusakan *permanent deformation*. Untuk lebih jelasnya titik tinjauan yang digunakan dalam analisis dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut ini.



**Gambar 5.23 Kedalaman Titik Tinjauan Kerusakan**

Sedangkan untuk detail data kedalaman yang di masukan pada menu *zcoord* dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

**Tabel 5.27 Detail Data Untuk *Input Zcoord***

| No | Kedalaman | Keterangan                              |
|----|-----------|-----------------------------------------|
| 1  | 0         | Permukaan lapis perkerasan              |
| 2  | 11,995    | Dasar lapis perkerasan (Titik tinjau 1) |
| 3  | 20        | Permukaan lapis pondasi                 |
| 4  | 47        | Dasar lapis pondasi                     |
| 5  | 47,005    | <i>Subgrade</i> (Titik tinjau 2)        |

Selanjutnya adalah memasukan data tersebut pada menu *zcoord*, berikut ini merupakan tampilan menu input *zcoord* pada program KENPAVE.

Unit cm

| Point No. | ZC     |
|-----------|--------|
| 1         | 0      |
| 2         | 11.995 |
| 3         | 20     |
| 4         | 47     |
| 5         | 47.005 |

(1) This form appears when the 'Zcoord' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of Z coordinates on this form is equal to NZ, 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. You should not click the other cell before pressing the Enter key, otherwise the data you have typed will move to the cell you click.

(2) ZC (vertical distance, or z coordinate, of each response point): When the point is located exactly at the interface between two layers, the results are at the bottom of upper layer. If the results at the top of lower layer are desired, a slightly larger z coordinate, say 0.0001 larger, should be used.

(3) After typing in the data in the first cell, move to the next cell by pressing the Enter or arrow down key.

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

**Gambar 5.24 Tampilan Menu Input Data Zcoord**

d. *Layer*

Menu ini digunakan untuk memasukan data parameter perkerasan yang terdiri dari tebal perkerasan dan *poisson's ratio*. Nilai parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut yang didapatkan dari Huang (2004).

**Tabel 5.28 Parameter Perkerasan Untuk Input Layer**

| No Layer | Tebal (cm) | Poisson's Ratio | Keterangan |
|----------|------------|-----------------|------------|
| 1        | 4          | 0,40            | AC-WC      |
| 2        | 8          | 0,40            | AC-BC      |
| 3        | 20         | 0,45            | LFA A      |
| 4        | 15         | 0,45            | LFA B      |
| 5        | 20         | 0,45            | Subgrade   |

Sumber: Bina Marga (2024)

Layer Thickness, Poisson's Ratio and Unit Weight for Data Set No. 1

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

Unit      cm      kN/m<sup>3</sup>

| Layer No. | TH     | PR   |  |
|-----------|--------|------|--|
| 1         | 4      | 0.40 |  |
| 2         | 8      | 0.40 |  |
| 3         | 20     | 0.45 |  |
| 4         | 15     | 0.45 |  |
| 5         | XXXXXX | 0.45 |  |

Use <Ctrl>-<Del> to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and <Del> 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 5.25 Tampilan Menu Input Data Layer Program KENPAVE**

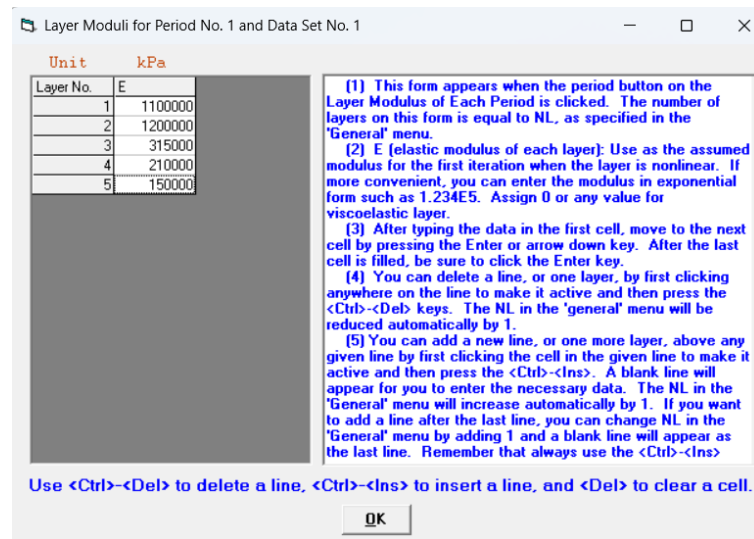
e. *Moduli*

Menu ini memiliki fungsi untuk menginput parameter perkerasan yang berubah modulus *resilient* atau modulus elastis, Nilai modulus elastis yang digunakan diperoleh dari MDPJ (2024). Adapun nilainya dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

**Tabel 5.29 Nilai Input Moduli**

| No | Modulus Elastisitas (Kpa) |
|----|---------------------------|
| 1  | 1.100.000                 |
| 2  | 1.200.000                 |
| 3  | 315.000                   |
| 4  | 210.000                   |
| 5  | 150.000                   |

Sumber: MDPJ (2024)



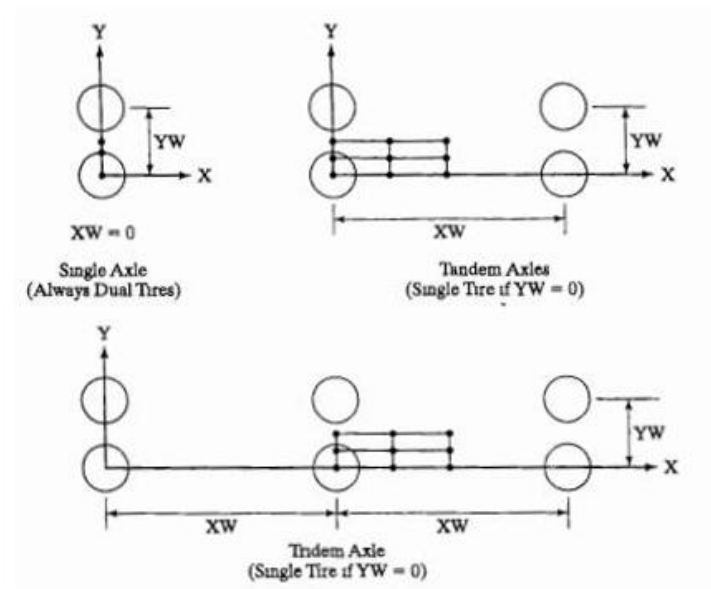
**Gambar 5.26 Tampilan Menu *Input Moduli***

f. *Load*

Didalam menu ini data yang akan dimasukan berupa data beban gandar yang akan diterima oleh perkerasan. Adapun data tersebut adalah sebagai berikut.

- 1) *Load* = 1 (*Single axle load*, roda gandar tunggal)
- 2) *CR* = 11 cm (Berdasarkan nilai jarak antar ban)
- 3) *CP* = 0,55 Mpa = 550 Kpa (Berdasarkan nilai tekanan ban)
- 4) *YW* = 33 (Berdasarkan *Plan View of Multiple Wheels*)
- 5) *XW* = 0 (Berdasarkan *Plan View of Multiple Wheels*)

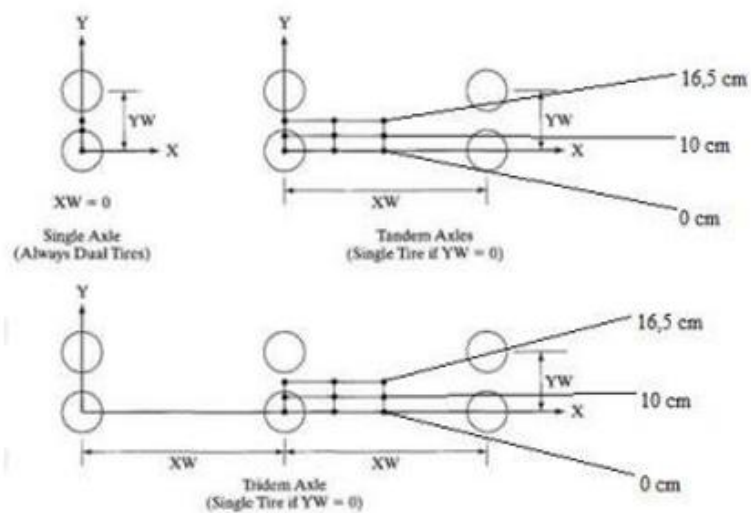
Di dalam analisis ini roda merupakan *single axle with dual tires* sehingga nilai *YW* dan *XW* diambil berdasarkan gambar 5.7 berikut.



**Gambar 5.27 Plan View of Multiple Wheels**

6)  $NPT$  or  $NR = 3$  (Jumlah koordinat tinjauan)

Sementara nilai  $NPT$  ditentukan berdasarkan tinjauan titik koordinat yang terdapat pada jenis roda *Single axle with dual tires*.



**Gambar 5.28 Koordinat NPT**

(Sumber: Huang 2004)

**Tabel 5.30 Koordinat Input NPT**

| X | Y    |
|---|------|
| 0 | 0    |
| 0 | 10   |
| 0 | 16,5 |

Load Information for Data Set No. 1

Double click anywhere on a line to get auxiliary form for NR or NPT.

| Unit          | cm   | kPa | cm  | cm |    |           |
|---------------|------|-----|-----|----|----|-----------|
| Load Group No | LOAD | CR  | CP  | YW | XW | NR or NPT |
| 1             | 1    | 11  | 550 | 33 | 0  | 3         |

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

(1) This form appears when the 'Load' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of lines, or load groups, is equal to NLG, as specified in the 'General' menu. Please refer to Figure 3.8 for wheel and axle arrangements.  
 (2) LOAD (type of loading): Assign 0 for single axle with single tire, 1 for single axle with dual tires, 2 for tandem axles, and 3 for tridem axles.  
 (3) CR (contact radius of circular loaded ares).  
 (4) CP (contact pressure on circular loaded ares).  
 (5) YW (center to center spacing between two dual wheels along the y axis): Assign 0 if there is only one wheel or LOAD = 0.  
 (6) XW (center to center spacing between two axles along the x axis): Assign 0 if only one axle exists, i.e. LOAD = 0 or 1.  
 (7) NR (number of radial coordinates to be analyzed under a single wheel, maximum 25): A single

OK

**Gambar 5.29 Tampilan Menu Input Data Load**

Setelah semua data telah di input pada setiap menu tampilan, langkah selanjutnya adalah simpan dan kembali ke menu utama KENPAVE. Setelah itu data di *running* dengan cara klik dimenu *Kenlayer*. Untuk melihat hasil analisis tegangan dan regangan dilakukan dengan cara klik pada menu *Editor* dan buka nama *file*.

### 3. Hasil Analisis

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan berikut ini merupakan hasil dari output tegangan dan regangan dengan permodelan elastik menggunakan program *KENPAVE* yang dapat dilihat pada Tabel 5.31 berikut.

Tabel 5.31 Hasil Analisis KENPAVE

| Pengulangan<br>Beban | Regangan<br>Horizontal<br>(11,995) | Regangan<br>Vertikal<br>(11,995) | Regangan<br>Vertikal<br>(47,005) |
|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1                    | 0,000283                           | 0,000422                         | 0,0002737                        |
| 2                    | 0,000268                           | 0,0002637                        | 0,0002995                        |
| 3                    | 0,000250                           | 0,0002684                        | 0,000304                         |
| <b>Maksimum</b>      | <b>0,000283</b>                    | <b>0,0004111</b>                 | <b>0,000304</b>                  |

#### 4. Kontrol Jumlah Beban Gandar

Output yang dihasilkan oleh program KENPAVE berupa nilai tegangan dan regangan selanjutnya digunakan untuk melakukan kontrol prediksi masa pelayanan jalan dalam menahan kerusakan terutama kerusakan *permanent deformation*, *rutting* dan *fatigue cracking*. Analisis kerusakan jalan dilakukan dengan menghitung nilai Nf untuk mengetahui nilai beban gandar maksimum sampai terjadi kerusakan *fatigue cracking* dan Nd untuk mengetahui nilai beban gandar maksimum sampai terjadi kerusakan *rutting* dan *permanent deformation* dimana nilainya diharuskan melebihi nilai CESA yang sudah diprediksi. Sementara nilai f4 dan f5 yang digunakan berdasarkan rekomendasi *Asphalt Intitute*.

##### a. Perhitungan nilai Nf (*fatigue cracking*)

Berikut ini merupakan perhitungan menggunakan Persamaan 3.6 untuk mengetahui beban gandar maksimum sampai terjadi kerusakan *fatigue cracking*.

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

$$N_f = 0,0796 (0,000283)^{-3,921} |1200000|^{-0,854}$$

$$N_f = 41.979.913,18 \text{ ESAL}$$

##### b. Perhitungan nilai Nd (*rutting*)

Berikut ini merupakan perhitungan menggunakan Persamaan 3.7 untuk beban gandar maksimum sampai terjadi kerusakan – kerusakan *rutting*.

$$N_{dr} = f_4 (\epsilon t)^{-f_5}$$

$$N_{dr} = 1,365 \times 10^{-9} (0,000411)^{-4,477}$$

$$N_{dr} = 1.972.253 \text{ ESAL}$$

c. Perhitungan nilai  $N_d$  (*permanent deformation*)

Berikut ini merupakan perhitungan menggunakan Persamaan 3.8 untuk beban gandar maksimum sampai terjadi kerusakan *permanent deformation*.

$$N_{dp} = f_4(\epsilon t)^{-f_5}$$

$$N_{dp} = 1,365 \times 10^{-9} (0,000304)^{-4,477}$$

$$N_{dp} = 7.608.650,187 \text{ ESAL}$$

## 5. Kontrol Prediksi Umur Pelayanan Jalan

Berdasarkan analisis tegangan dan regangan yang dihasilkan dari hasil analisis program KENPAVE dapat diketahui bahwa ruas Jalan Puncak-Linggarjati pada kondisi eksisting akan terjadi kerusakan *fatigue cracking* saat dilewati beban gandar sejumlah 31,578,020,35 ESAL, sedangkan kerusakan *rutting* akan terjadi saat dilewati beban gandar sejumlah 1.263.262,48 ESAL, sementara itu untuk kerusakan *permanent deformation* akan terjadi pada saat dilewati beban gandar sejumlah 5.641.970,93 ESAL. Berdasarkan analisis tersebut dapat diketahui kerusakan awal yang terjadi adalah *permanent deformation*. Dari hasil besaran beban gandar yang sudah diketahui tersebut, maka dapat dilakukan perhitungan prediksi umur pelayanan Jalan Puncak-Linggarjati terhadap kerusakan yang terjadi. Sebagai contoh perhitungan untuk kerusakan *permanent deformation* menggunakan Persamaan 3.9 adalah sebagai berikut ini.

$$ESA_1 = [(LHR_{\text{tiap jenis kendaraan} \times VDF}) \times 365 \times DD \times DL \times R]$$

$$ESA_1 = [(LHR_{\text{tiap jenis kendaraan} \times VDF}) \times 365 \times DD \times DL \times \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i}]$$

$$1.972.253,86 = \left[ (5 \times 1,3) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01 \times (3,5))^{UR}-1}{0,01 \times (3,5)} \right] +$$

$$1.972.253,86 = \left[ (352 \times 0,4) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01 \times (3,5))^{UR}-1}{0,01 \times (3,5)} \right] +$$

$$1.972.253,86 = \left[ (13 \times 3,2) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01 \times (3,5))^{UR}-1}{0,01 \times (3,5)} \right] +$$

$$1.972.253,86 = \left[ 1186,25 \times \frac{(1,035)^{UR}-1}{0,035} \right] + \left[ 25696 \times \frac{(1,035)^{UR}-1}{0,035} \right] +$$

$$1.972.253,86 = \left[ 7592 \times \frac{(1,035)^{UR}-1}{0,035} \right]$$

$$1.972.253,86 = ((1,035)^{UR} - 1) \times (33892,857) + (734171,429) + (216914,286)$$

$$1.972.253,86 = ((1,035)^{UR} - 1) \times (984978,572)$$

$$1,28252788 = ((1,035)^{UR} - 1)$$

$$3,00233174 = (1,035)^{UR}$$

$$UR = \frac{\log b}{\log a}$$

$$UR = \frac{\log 3,00233174}{\log 1,035}$$

$$UR = 31,95766392 \text{ Tahun} \approx 20 \text{ Tahun}$$

Hasil untuk prediksi umur masa pelayanan perkerasan desain 1 dalam menahan setiap kerusakan akibat beban lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut ini.

**Tabel 5.32 Hasil Analisis Perkerasan Lentur Desain**

| <b>Jenis Kerusakan</b>       | <b>Jumlah Repitisi Beban<br/>(ESAL)</b> | <b>Umur Pelayanan<br/>(Tahun)</b> |
|------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Fatigue Cracking</i>      | 41.979.913,18                           | 110                               |
| <i>Permanent Deformation</i> | 7.608.650,816                           | 63                                |
| <i>Rutting</i>               | 1.972.253,861                           | 32                                |

Berdasarkan Tabel 5.10 dapat terlihat bahwa jalan Puncak-Linggarjati pertama kali mengalami kerusakan *Rutting* pada tahun ke 32 saat beban gandar maksimum sebesar 1.972.253,861 ESAL. Hal ini menunjukkan bahwa perkerasan desain 1 pemodelan elastik dapat menahan beban lalu lintas selama masa pelayanan jalan rencana 20 tahun. Hal ini disebabkan karena pada tahun ke-32 terjadi kerusakan *Rutting*. Sementara untuk kerusakan *Permanent Deformation* terjadi pada tahun ke 63 dengan beban gandar maksimum 7.608.650,816 ESAL dan *fatigue cracking* terjadi pada tahun ke 110 dengan beban gandar maksimum 41.979.913,18 ESAL. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa perkerasan desain 1 dengan

pemodelan elastik mampu untuk menahan beban lalu lintas selama masa pelayanan jalan sampai terjadi kerusakan *rutting* dan kerusakan *permanent deformation* dan kerusakan *fatigue cracking* selama masa umur rencana 20 tahun

#### 5.4.3 Evaluasi Perkerasan Lentur Desain Alternatif 2

Untuk mengetahui kinerja perkerasan lentur dari desain alternatif 2 program KENPAVE digunakan untuk mengetahui tegangan dan regangan yang terjadi dengan permodelan elastik. Berikut merupakan tahapan kerja untuk mengetahui kinerja dari perkerasan alternatif 2 dengan permodelan elastik.

##### 1. Data Analisis

###### a. Data Analisis

1. Beban sumbu standar kendaraan yaitu 18.000 pon atau 8,16 ton.
2. Tekanan roda untuk satu ban sebesar 0,55 kg/cm<sup>2</sup> atau 0,55 Mpa.
3. Jari-jari bidang kontak sebesar 11 cm.
4. Jarak antar masing-masing sumbu roda ganda sebesar 33 cm.

###### b. Parameter lapis perkerasan

Dalam analisis ini semua lapisan diasumsikan menggunakan material elastik, lapisan tersebut terdiri dari lapisan *hot mix asphalt*, lapisan pondasi dan lapisan tanah dasar. Berdasarkan hal tersebut maka parameter yang digunakan dalam perhitungan ini hanya modulus elastisitas dan *poisson's ratio* yang dapat dilihat pada Tabel 5.36 berikut ini.

**Tabel 5.33 Parameter Lapisan Perkerasan**

|             |                        |               |
|-------------|------------------------|---------------|
| AC-WC       | Modulus ELastis (E)    | 1.100.000 Kpa |
|             | <i>Poisson's Ratio</i> | 0,40          |
| AC-BC       | Modulus ELastis (E)    | 1.200.000 Kpa |
|             | <i>Poisson's Ratio</i> | 0,40          |
| CTB         | Modulus ELastis (E)    | 500.000 Kpa   |
|             | <i>Poisson's Ratio</i> | 0,35          |
| LFA Kelas A | Modulus ELastis (E)    | 210.000 Kpa   |
|             | <i>Poisson's Ratio</i> | 0,45          |

Sumber: Huang (2004)

Lanjutan Tabel 5.33 Parameter Lapisan Perkerasan

|             |                        |             |
|-------------|------------------------|-------------|
| Tanah Dasar | Modulus ELastis (E)    | 150.000 Kpa |
|             | <i>Poisson's Ratio</i> | 0,45        |

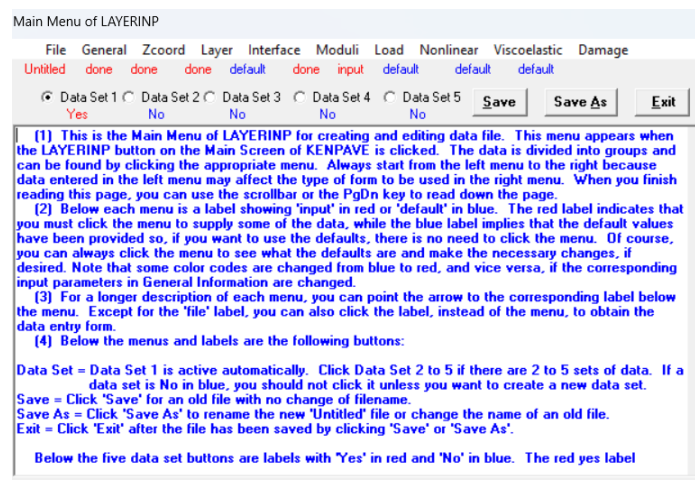
Sumber: Huang (2004)

## 2. Input Program KENPAVE

Berikut ini merupakan analisis menggunakan program KENPAVE pada perkerasan desain 1 untuk mengetahui tegangan dan regangannya dengan beberapa tahapan, dengan tahapannya adalah sebagai berikut.

### g. Input *Layernip*

Dalam menu ini tersedia beberapa pilihan dalam mengisi data-data yang dibutuhkan dalam analisis sesuai dengan bahan propertis dari perkerasan lentur

Gambar 5.30 Tampilan Menu *Layernip*

Klik *file* dan klik *new* untuk memulai halaman baru pada menu *Layernip* agar data yang diinputkan Kembali ke setelan default.

### h. *General*

Setelah itu memasukan data pada menu general adapun data yang dimasukan dapat dilihat pada Tabel 5.34 berikut ini.

Tabel 5.34 Data Input Pada Menu *General*

| Title | Nilai | Keterangan                                                                |
|-------|-------|---------------------------------------------------------------------------|
| MATL  | 1     | Bahan material lapisan perkerasan Linear Elastik                          |
| NDAMA | 0     | Tidak terdapat analisis kerusakan                                         |
| NPY   | 1     | <i>Default</i>                                                            |
| NLG   | 1     | <i>Default</i>                                                            |
| DEL   | 0,001 | Standar dari akurasi                                                      |
| NL    | 5     | Total dari lapian yang di analisis (AC-WC, AC-BC, LFA A, LFA B, Subgrade) |
| NZ    | 5     | Total titik tinjau untuk kerusakan                                        |
| ICL   | 80    | <i>Default</i>                                                            |
| NSDT  | 9     | Digunakan untuk vertical displacement, nilai regangan dan tegangan        |
| NBOND | 1     | Setiap lapisan terikat satu sama lain                                     |
| NLBT  | 0     | <i>Default</i>                                                            |
| NLTC  | 0     | <i>Defaut</i>                                                             |
| NUNIT | 1     | Standar Internasional                                                     |

General Information of LAYERINP for Set No. 1

TITLE Desian 2

|                                                                               |         |       |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|
| Type of material (1=linear, 2=nonlinear, 3=viscoelastic, 4=combined)          | (MATL)  | 1     |
| Damage analysis (0=no, 1=yes with summary only, 2=yes with detailed printout) | (NDAMA) | 0     |
| Number of periods per year                                                    | (NPY)   | 1     |
| Number of load groups                                                         | (NLG)   | 1     |
| Tolerance for numerical integration                                           | (DEL)   | 0.001 |
| Number of layers                                                              | (NL)    | 5     |
| Number of Z coordinates for analysis                                          | (NZ)    | 5     |
| Maximum cycles of numerical integration                                       | (ICL)   | 80    |
| Type of responses (1=displacements only, 5=plus stresses, 9=plus strains)     | (NSDT)  | 9     |
| All layer interfaces bonded (1=yes, 0=if some are frictionless)               | (NBOND) | 1     |
| Number of layers for bottom tension                                           | (NLBT)  | 0     |
| Number of layers for top compression                                          | (NLTC)  | 0     |
| System of units (0=English, 1=SI)                                             | (NUNIT) | 1     |

OK

(1) This form appears when the 'General' on the Main Menu of LAYERINP is clicked. You can override any of the default values by typing in a new value. You can use the Tab key to move the cursor from one textbox to the next or just click on the textbox before typing. The use of click has the advantage that you don't have to delete the default before typing in the data you want. If you want to read the remaining text, you can use the scrollbar. You can also use the PgDn key after clicking this textbox to make it active.

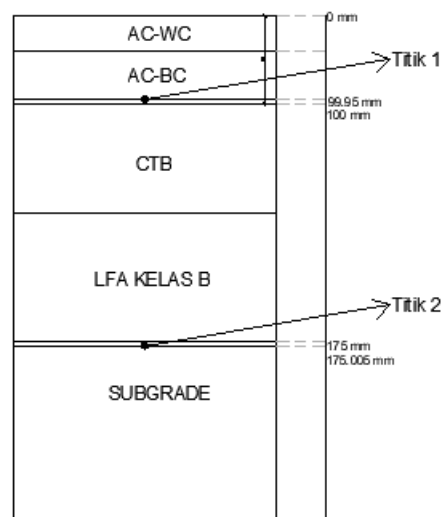
(2) TITLE (title of run): Any title or comment can be typed on one line. The title should not be longer than 68 characters including spaces. If you make a mistake in typing, use the Del key to erase any typographical errors. When the total length reaches 68, no additional characters can be added. No comma should be used in TITLE. Use colon or semicolon instead.

(3) MATL (types of material): 1 when all layers are linear elastic, 2 when some layers are nonlinear

Gambar 5.31 Tampilan Input Data Pada Menu *General*

i. *Zcoord*

Pada bagian ini, data yang dimasukkan adalah kedalaman titik kerusakan yang akan dianalisis. Titik tinjau 1 digunakan untuk menganalisis kerusakan *rutting* dan *fatigue cracking* yang terletak pada bagian bawah aspal. Sedangkan pada titik tinjau 2 yang berada pada bagian bawah perkerasan di gunakan untuk menganalisis kerusakan *permanent deformation*. Untuk lebih jelasnya titik tinjauan yang digunakan dalam analisis dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut ini.



**Gambar 5.32 Kedalaman Titik Tinjauan Kerusakan**

Sedangkan untuk detail data kedalaman yang di masukan pada menu *zcoord* dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

**Tabel 5.35 Detail Data Untuk *Input Zcoord***

| No | Kedalaman | Keterangan                              |
|----|-----------|-----------------------------------------|
| 1  | 0         | Permukaan lapis perkerasan              |
| 2  | 9,9950    | Dasar lapis perkerasan (Titik tinjau 1) |
| 3  | 10        | Permukaan lapis pondasi                 |
| 4  | 39        | Dasar lapis pondasi                     |
| 5  | 39,005    | <i>Subgrade</i> (Titik tinjau 2)        |

Selanjutnya adalah memasukan data tersebut pada menu *zcoord*, berikut ini

merupakan tampilan menu input *zcoord* pada program KENPAVE.

**Unit**      **cm**

| Point No. | ZC     |
|-----------|--------|
| 1         | 0      |
| 2         | 9.995  |
| 3         | 10     |
| 4         | 39     |
| 5         | 39.005 |

[1] This form appears when the 'Zcoord' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of Z coordinates on this form is equal to NZ, 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. You should not click the other cell before pressing the Enter key, otherwise the data you have typed will move to the cell you click.

[2] ZC (vertical distance, or z coordinate, of each response point): When the point is located exactly at the interface between two layers, the results are at the bottom of upper layer. If the results at the top of lower layer are desired, a slightly larger z coordinate, say 0.0001 larger, should be used.

[3] After typing in the data in the first cell, move to the next cell by pressing the Enter or arrow down key.

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

**Gambar 5.33 Tampilan Menu Input Data *Zcoord***

j. *Layer*

Menu ini digunakan untuk memasukan data parameter perkerasan yang terdiri dari tebal perkerasan dan *poisson's ratio*. Nilai parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut yang didapatkan dari Huang (2004).

**Tabel 5.36 Parameter Perkerasan Untuk *Input Layer***

| No Layer | Tebal (cm) | Poisson's Ratio | Keterangan |
|----------|------------|-----------------|------------|
| 1        | 4          | 0,40            | AC-WC      |
| 2        | 8          | 0,40            | AC-BC      |
| 3        | 14         | 0,35            | CTB        |
| 4        | 15         | 0,45            | LFA B      |
| 5        | 20         | 0,45            | Subgrade   |

Sumber: MDPJ (2024)

Layer Thickness, Poisson's Ratio and Unit Weight for Data Set No. 1

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

Unit      cm      kN/m<sup>3</sup>

| Layer No. | TH | PR   | Unit |
|-----------|----|------|------|
| 1         | 4  | 0.40 | 0.40 |
| 2         | 8  | 0.40 | 0.40 |
| 3         | 14 | 0.35 | 0.45 |
| 4         | 15 | 0.45 | 0.45 |
| 5         |    | 0.45 | 0.45 |

Use <Ctrl>-<Del> to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and <Del> 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 5.34 Tampilan Menu Input Data *Layer* Program KENPAVE**

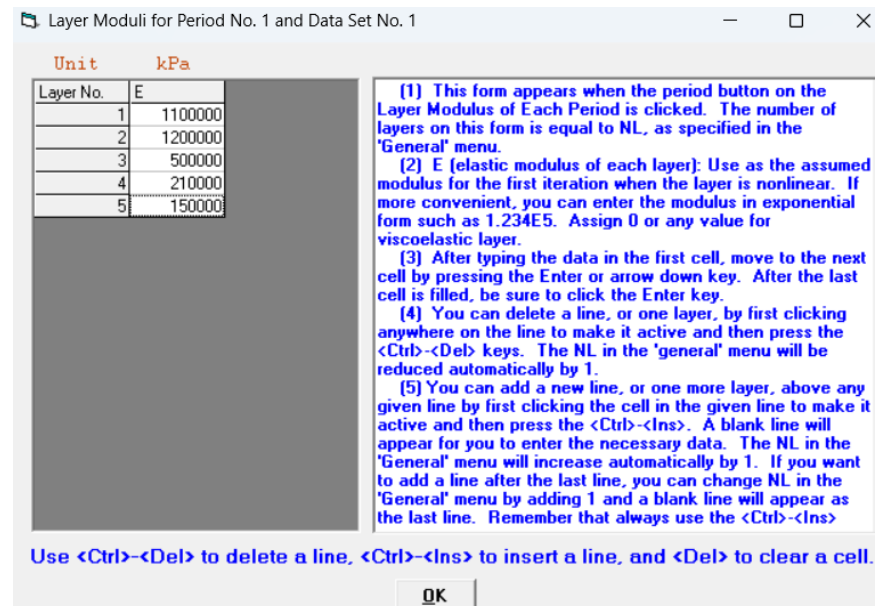
k. *Moduli*

Menu ini memiliki fungsi untuk menginput parameter perkerasan yang berubah modulus *resilent* atau modulus elastis, Nilai modulus elastis yang digunakan diperoleh dari MDPJ (2024). Adapun nilainya dapat dilihat pada Tabel 5.37 dan Gambar 5.35

**Tabel 5.37 Nilai Input Moduli**

| No | Modulus Elastisitas (Kpa) |
|----|---------------------------|
| 1  | 1.100.000                 |
| 2  | 1.200.000                 |
| 3  | 500.000                   |
| 4  | 210.000                   |
| 5  | 150.000                   |

Sumber: MDPJ (2024)



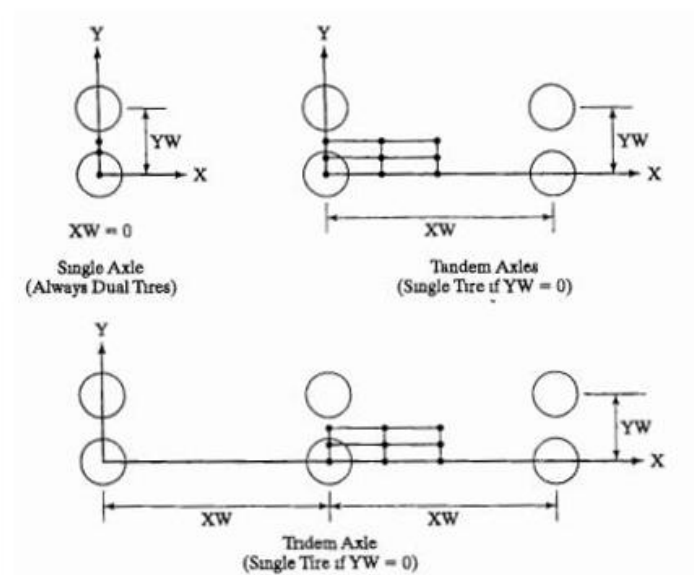
**Gambar 5.35 Tampilan Menu *Input Moduli***

1. *Load*

Didalam menu ini data yang akan dimasukan berupa data beban gandar yang akan diterima oleh perkerasan. Adapun data tersebut adalah sebagai berikut.

- 1) *Load* = 1 (*Single axle load*, roda gandar tunggal)
- 2) *CR* = 11 cm (Berdasarkan nilai jarak antar ban)
- 3) *CP* = 0,55 Mpa = 550 Kpa (Berdasarkan nilai tekanan ban)
- 4) *YW* = 33 (Berdasarkan *Plan View of Multiple Wheels*)
- 5) *XW* = 0 (Berdasarkan *Plan View of Multiple Wheels*)

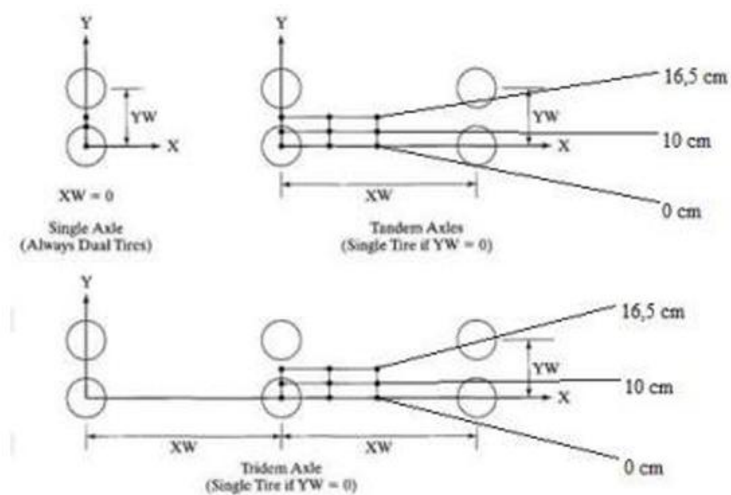
Di dalam analisis ini roda merupakan *single axle with dual tires* sehingga nilai *YW* dan *XW* diambil berdasarkan gambar 5.7 berikut.



**Gambar 5.36 Plan View of Multiple Wheels**

6)  $NPT$  or  $NR = 3$  (Jumlah koordinat tinjauan)

Sementara nilai  $NPT$  ditentukan berdasarkan tinjauan titik koordinat yang terdapat pada jenis roda *Single axle with dual tires*.



**Gambar 5.37 Koordinat NPT**

**Tabel 5.38 Koordinat Input NPT**

| X | Y |
|---|---|
| 0 | 0 |

**Lanjutan Tabel 5.38 Koodinat *Input NPT***

|   |      |
|---|------|
| 0 | 10   |
| 0 | 16,5 |

Load Information for Data Set No. 1

Double click anywhere on a line to get auxiliary form for NR or NPT.

| Unit | CR | kPa | CR  | CR | Load Group No | LOAD | CR | CP | YW | XW | NR or NPT |
|------|----|-----|-----|----|---------------|------|----|----|----|----|-----------|
|      | 1  | 11  | 550 | 33 | 0             | 3    |    |    |    |    |           |

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

(1) This form appears when the 'Load' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of lines, or load groups, is equal to NLG, as specified in the 'General' menu. Please refer to Figure 3.8 for wheel and axle arrangements.  
 (2) LOAD (type of loading): Assign 0 for single axle with single tire, 1 for single axle with dual tires, 2 for tandem axles, and 3 for tridem axles.  
 (3) CR (contact radius of circular loaded ares).  
 (4) CP (contact pressure on circular loaded ares).  
 (5) YW (center to center spacing between two dual wheels along the y axis): Assign 0 if there is only one wheel or LOAD = 0.  
 (6) XW (center to center spacing between two axles along the x axis): Assign 0 if only one axle exists, i.e. LOAD = 0 or 1.  
 (7) NR (number of radial coordinates to be analyzed under a single wheel, maximum 25): A single

OK

**Gambar 5.38 Tampilan Menu Input Data *Load***

Setelah semua data telah di input pada setiap menu tampilan, langkah selanjutnya adalah simpan dan kembali ke menu utama KENPAVE. Setelah itu data di *running* dengan cara klik dimenu *Kenlayer*. Untuk melihat hasil analisis tegangan dan regangan dilakukan dengan cara klik pada menu *Editor* dan buka nama *file*.

## 6. Hasil Analisis

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan berikut ini merupakan hasil dari output tegangan dan regangan dengan permodelan elastik menggunakan program KENPAE yang dapat dilihat pada Tabel 5.39 berikut.

**Tabel 5.39 Hasil Analisis KENPAVE**

| Pengulangan<br>Beban | Regangan<br>Horizontal<br>(9,9950) | Regangan<br>Vertikal<br>(9,9950) | Regangan<br>Vertikal<br>(39.005) |
|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1                    | 0,000143                           | 0,0002867                        | 0,000273                         |
| 2                    | 0,000130                           | 0,0001609                        | 0,000967                         |

**Lanjutan Tabel 5.39 Hasil Analisis KENPAVE**

|                 |                 |                 |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 3               | 0,000116        | 0,0000708       | 0,000298        |
| <b>Maksimum</b> | <b>0,000143</b> | <b>0,000287</b> | <b>0,000299</b> |

#### 7. Kontrol Jumlah Beban Gandar

Output yang dihasilkan oleh program KENPAVE berupa nilai tegangan dan regangan selanjutnya digunakan untuk melakukan kontrol prediksi masa pelayanan jalan dalam menahan kerusakan terutama kerusakan *permanent deformation*, *rutting* dan *fatigue cracking*. Analisis kerusakan jalan dilakukan dengan menghitung nilai  $N_f$  untuk mengetahui nilai beban gandar maksimum sampai terjadi kerusakan *fatigue cracking* dan  $N_d$  untuk mengetahui nilai beban gandar maksimum sampai terjadi kerusakan *rutting* dan *permanent deformation* dimana nilainya diharuskan melebihi nilai *CESA* yang sudah diprediksi. Sementara nilai  $f_4$  dan  $f_5$  yang digunakan berdasarkan rekomendasi *Asphalt Institute*.

##### d. Perhitungan nilai $N_f$ (*fatigue cracking*)

Berikut ini merupakan perhitungan menggunakan Persamaan 3.6 untuk mengetahui beban gandar maksimum sampai terjadi kerusakan *fatigue cracking*.

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

$$N_f = 0,0796 (0,000143)^{-3,921} |1200000|^{-0,854}$$

$$N_f = 610.113.893 \text{ ESAL}$$

##### e. Perhitungan nilai $N_d$ (*rutting*)

Berikut ini merupakan perhitungan menggunakan Persamaan 3.7 untuk Repitisi jumlah beban sampai terjadi kerusakan – kerusakan *rutting*.

$$N_{dr} = f_4 (\epsilon t)^{-f_5}$$

$$N_{dr} = 1,365 \times 10^{-9} (0,000287)^{-4,477}$$

$$N_{dr} = 9.890.741,92 \text{ ESAL}$$

##### f. Perhitungan nilai $N_d$ (*permanent deformation*)

Berikut ini merupakan perhitungan menggunakan Persamaan 3.8 untuk Repitisi Jumlah beban sampai terjadi kerusakan *permanent deformation*.

$$Ndp = f_4(\varepsilon t)^{-f_5}$$

$$Ndp = 1,365 \times 10^{-9}(0,000299)^{-4,477}$$

$$Ndp = 8.219.657,77 \text{ ESAL}$$

#### 8. Kontrol Prediksi Umur Pelayanan Jalan

Berdasarkan analisis tegangan dan regangan yang dihasilkan dari hasil analisis program KENPAVE dapat diketahui bahwa ruas Jalan Puncak-Linggarjati pada kondisii eksisting akan terjadi kerusakan *fatigue cracking* saat dilewati beban gandar sejumlah 610.113.893 *ESAL*, sedangkan kerusakan *rutting* akan terjadi saat dilewati beban gandar sejumlah 9.890.741,92 *ESAL*, sementara itu untuk kerusakan *permanent deformation* akan terjadi pada saat dilewati beban gandar sejumlah 8.219.657,77 *ESAL*. Berdasarkan analisis tersebut dapat di ketahui kerusakan awal yang terjadi adalah *permanent deformation*. Dari hasil besaran beban gandar yang sudah diketahui tersebut, maka dapat dilakukan perhitungan prediksi umur pelayanan Jalan Puncak-Linggarjati terhadap kerusakan yang terjadi. Sebagai contoh perhitungan untuk kerusakan *permanent deformation* menggunakan Persamaan 3.9 adalah sebagai berikut ini.

$$ESA_1 = [(LHR_{\text{tiap jenis kendaraan} \times VDF}) \times 365 \times DD \times DL \times R]$$

$$ESA_1 = [(LHR_{\text{tiap jenis kendaraan} \times VDF}) \times 365 \times DD \times DL \times \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i}]$$

$$8.219.657,77 = \left[ (5 \times 1,3) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01 \times (3,5))^{UR}-1}{0,01 \times (3,5)} \right] +$$

$$8.219.657,77 = \left[ (352 \times 0,4) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01 \times (3,5))^{UR}-1}{0,01 \times (3,5)} \right] +$$

$$8.219.657,77 = \left[ (13 \times 3,2) \times 365 \times 0,5 \times 1 \times \frac{(1+0,01 \times (3,5))^{UR}-1}{0,01 \times (3,5)} \right] +$$

$$8.219.657,77 = \left[ 1186,25 \times \frac{(1,035)^{UR}-1}{0,035} \right] + \left[ 25696 \times \frac{(1,035)^{UR}-1}{0,035} \right] +$$

$$8.219.657,77 = \left[ 7592 \times \frac{(1,035)^{UR}-1}{0,035} \right]$$

$$8.219.657,77 = ((1,035)^{UR} - 1) \times (33892,857) + (734171,429) + (216914,286)$$

$$8.219.657,77 = ((1,035)^{UR} - 1) \times (984978,572)$$

$$8,34501176 = ((1,035)^{UR} - 1)$$

$$9,34501176 = (1,035)^{UR}$$

$$UR = \frac{\log b}{\log a}$$

$$UR = \frac{\log 9,34501176}{\log 1,035}$$

$$UR = 64,96366321 \text{ Tahun} \approx 65 \text{ Tahun}$$

Hasil untuk prediksi umur masa pelayanan perkerasan desain 1 dalam menahan setiap kerusakan akibat beban lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut ini.

**Tabel 5.40 Hasil Analisis Perkerasan Lentur Desain 1**

| <b>Jenis Kerusakan</b>       | <b>Jumlah Repitisi Beban<br/>(ESAL)</b> | <b>Umur Pelayanan<br/>(Tahun)</b> |
|------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Fatigue Cracking</i>      | 610.113.893                             | 187                               |
| <i>Permanent Deformation</i> | 8.219.657,77                            | 65                                |
| <i>Rutting</i>               | 9.890.741,92                            | 70                                |

Berdasarkan Tabel 5.10 dapat terlihat bahwa jalan Puncak-Linggarjati pertama kali mengalami kerusakan *Permanent Deformation* pada tahun ke 65 saat beban gandar maksimum sebesar 8.219.657,77 ESAL. Hal ini menunjukkan bahwa perkerasan desain 1 pemodelan elastik dapat menahan beban lalu lintas selama masa pelayanan jalan rencana 20 tahun. Hal ini disebabkan karena pada tahun ke-65 terjadi kerusakan *Permanent Deformation*. Sementara untuk kerusakan *Rutting* terjadi pada tahun ke 70 dengan beban gandar maksimum 9.890.741,92 ESAL dan *fatigue cracking* terjadi pada tahun ke 187 dengan beban gandar maksimum 610.113.893 ESAL. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa perkerasan desain 1 dengan pemodelan elastik mampu untuk menahan beban lalu lintas selama masa pelayanan jalan sampai terjadi kerusakan *rutting* dan kerusakan *permanent deformation* dan kerusakan *fatigue cracking* selama masa umur rencana 20 tahun

## 5.5 Pembahasan

Setelah selesai dilakukannya analisis pada Ruas Jalan Puncak-Linggarjati dengan menggunakan metode Bina Marga 2024, didapatkan hasil sebagai berikut.

1. Tebal Perkerasan yang diperoleh menggunakan metode Bina Marga 2024 dengan Kontrol *KENPAVE*
2. Nilai regangan yang dihasilkan oleh program *KENPAVE*
3. Perbandingan umur sisa layanan pada setiap kondisi yang ditinjau pada Ruas Jalan Puncak – Linggarjati

### 5.5.1 Desain Perkerasan Lentur Alternatif Metode Bina Marga 2024

Menurut MDPJ 2024 kinerja perkerasan lentur merupakan kemampuan suatu perkerasan untuk menahan beban kendaraan yang dilaluinya sampai terjadi kerusakan *rutting* dan *permanent deformation*. Pada penelitian ini evaluasi kinerja perkerasan lentur dilakukan pada desain tebal perkerasan alternatif metode Bina Marga 2024. Hasil desain tebal perkerasan alternatif didapatkan dua alternatif desain dengan umur rencana yaitu 20 tahun. Untuk lebih jelasnya tebal perkerasan alternatif dapat dilihat pada Gambar 5.39 dan Gambar 5.40 berikut ini.

|             |        |
|-------------|--------|
| AC-WC       | 40 mm  |
| AC-BC       | 80 mm  |
| LFA KELAS A | 200 mm |
| LFA KELAS B | 150 mm |
| SUBGRADE    | 200 mm |

**Gambar 5.39 Desain Perkerasan Alternatif 1A**

|             |        |
|-------------|--------|
| AC-WC       | 40 mm  |
| AC-BC       | 80 mm  |
| LFA KELAS A | 150 mm |
| CTB         | 140 mm |
| SUBGRADE    | 200 mm |

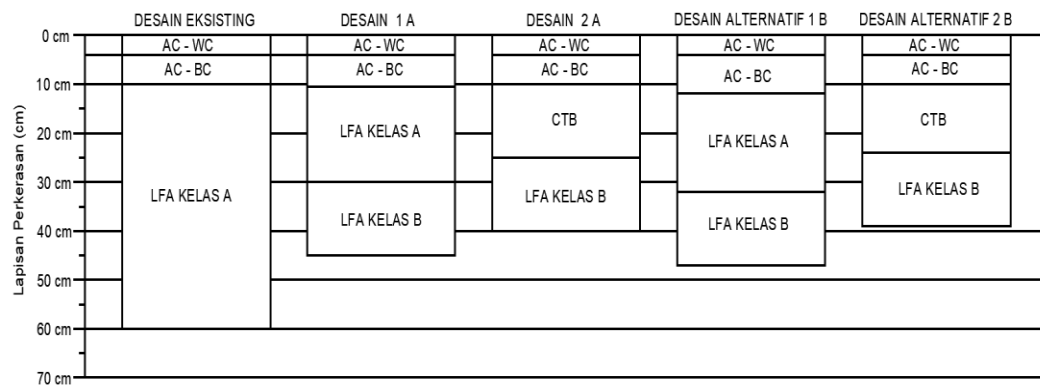
**Gambar 5.40 Desain Perkerasan Alternatif 2A**

#### 5.5.2 Tebal Perkerasn yang Diperoleh Menggunakan Metode Bina Marga 2024

Ruas Jalan Puncak – Linggarjati merupakan jalan dengan perkerasan lentur yang mulai beroperasi sejak tahun 2026. Perhitungan perkerasan pada ruas ini dilakukan menggunakan metode Bina Marga 2024 dengan memanfaatkan data dari Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional serta Dinas Pekerjaan Umum dan Energi Sumber Daya Mineral Provinsi JAWA BARAT, meliputi data LHR, nilai VDF, faktor distribusi arah, dan faktor distribusi lajur. Rincian ilustrasi serta ketebalan tiap lapisan ditunjukkan pada Tabel 5.41 dan Gambar 5.43

**TABEL 5.41 Tebal pada Setiap Lapisan Perkerasan**

| Jenis Lapisan | Eksisting<br>(cm) | Desain 1<br>A (cm) | Desain 2<br>(A) (cm) | Alternatif<br>Desain 1<br>B (cm) | Alternatif<br>Desain 2<br>B (cm) |
|---------------|-------------------|--------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| AC-WC         | 4                 | 4                  | 4                    | 4                                | 4                                |
| AC-BC         | 6                 | 6,5                | 6                    | 8                                | 6                                |
| CTB           | -                 | -                  | 15                   | -                                | 14                               |
| LFA KELAS A   | 40                | 20                 | 15                   | 20                               | -                                |
| LFA KELAS B   | -                 | 15                 | -                    | 15                               | 15                               |



**Gambar 5.41 Perbandingan Tebal Perkerasan**

Berdasarkan hasil perhitungan serta ketebalan perkerasan eksisting yang diperoleh, diketahui bahwa lapisan dengan ketebalan terbesar terdapat pada Desain 1A, yaitu lapisan AC-WC setebal 4 cm, AC-BC setebal 6,5 cm, LFA kelas A setebal 20 cm, serta lapisan pondasi LFA kelas B setebal 15 cm. Sebaliknya, ketebalan terkecil terdapat pada perkerasan eksisting, dengan rincian lapisan AC-WC 4 cm, AC-BC 6 cm, LFA kelas 40 cm.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Karnurin (2020) menunjukkan bahwa perhitungan tebal perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2017 menghasilkan ketebalan yang lebih besar dibandingkan dengan alternatif lainnya. Hal ini dipengaruhi oleh besarnya nilai CESA5 pada Tabel 5.11, yang merepresentasikan rentang kumulatif beban sumbu selama 20 tahun pada lajur rencana. Nilai CESA5 tersebut dapat berada pada batas minimum maupun maksimum dari rentang yang tersedia, sehingga menjadi dasar dalam melakukan uji coba alternatif ketebalan guna memperoleh desain yang optimal dengan ketebalan minimum. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Pambudi dan Fauziah (2021), yang juga menyatakan bahwa hasil perhitungan ketebalan menggunakan metode Bina Marga 2017 cenderung lebih besar dibandingkan dengan berbagai alternatif desain lainnya.

### 5.5.3 Regangan yang Dihasilkan Program KENPAVE

Nilai regangan yang diperoleh melalui metode Bina Marga 2017 selanjutnya dievaluasi menggunakan program KENPAVE dengan pendekatan elastis. Hasil evaluasi tersebut digunakan sebagai acuan dalam menentukan nilai kontrol kerusakan perkerasan, meliputi fatigue cracking, rutting, dan permanent deformation. Rincian nilai tersebut ditampilkan pada Tabel 5.42.

**Tabel 5.42 Nilai Regangan Maksimum Pada Tiap Lapis Perkerasan Eksisting**

| Jenis Kerusakan              | Elastik  |
|------------------------------|----------|
|                              | Regangan |
| <i>Fatigua Cracking</i>      | 0,000306 |
| <i>Rutting</i>               | 0,000465 |
| <i>Permanent Deformation</i> | 0,000278 |

**Tabel 5.43 Nilai Regangan Maksimum Pada Tiap Lapis Perkerasan Desain 1A**

| Jenis Kerusakan              | Elastik   |
|------------------------------|-----------|
|                              | Regangan  |
| <i>Fatigua Cracking</i>      | 0,000304  |
| <i>Rutting</i>               | 0,000454  |
| <i>Permanent Deformation</i> | 0,0003325 |

**Tabel 5.44 Nilai Regangan Maksimum Pada Tiap Lapis Perkerasan Desain 2A**

| Jenis Kerusakan              | Elastik  |
|------------------------------|----------|
|                              | Regangan |
| <i>Fatigua Cracking</i>      | 0,000203 |
| <i>Rutting</i>               | 0,000359 |
| <i>Permanent Deformation</i> | 0,000340 |

**Tabel 5.45 Nilai Regangan Maksimum Pada Tiap Lapis Perkerasan  
Alternatif Desain 1B**

| Jenis Kerusakan              | Elastik  |
|------------------------------|----------|
|                              | Regangan |
| <i>Fatigua Cracking</i>      | 0,000283 |
| <i>Rutting</i>               | 0,000411 |
| <i>Permanent Deformation</i> | 0,000304 |

**Tabel 5.46 Nilai Regangan Maksimum Pada Tiap Lapis Perkerasan  
Alternatif Desain 2B**

| Jenis Kerusakan              | Elastik  |
|------------------------------|----------|
|                              | Regangan |
| <i>Fatigua Cracking</i>      | 0,000206 |
| <i>Rutting</i>               | 0,000361 |
| <i>Permanent Deformation</i> | 0,000352 |

Kerusakan pada lapisan perkerasan eksisting ditunjukkan oleh tegangan sebesar 550 kPa yang diperoleh dari metode Bina Marga 2024, dengan nilai regangan untuk fatigue cracking sebesar 0,000306, rutting sebesar 0,000465, dan permanent deformation sebesar 0,000278. Dari hasil analisis repetisi beban, diperoleh nilai 1.953.951,033 ESAL, dengan kondisi  $N_f > N_r$ ,  $N_{dr} < N_r$ , dan  $N_{dp} < N_r$ , sehingga dapat disimpulkan bahwa lapisan permukaan tidak mampu menahan beban selama umur rencana desain.

Sementara itu, pada lapis perkerasan desain 1A, desain 2A, alternatif desain 1B, dan alternatif desain 2B, nilai  $N_f$ ,  $N_{dr}$ , dan  $N_{dp}$  menunjukkan hasil yang lebih besar dibandingkan dengan  $N_r$ , sehingga perkerasan pada desain tersebut lebih mampu menahan beban lalu lintas. Hasil penelitian ini konsisten dengan temuan Karnurin (2020), yang menunjukkan bahwa regangan akibat permanent deformation memiliki tingkat kerusakan paling besar dibandingkan dengan fatigue cracking dan rutting. Temuan serupa juga diperoleh dalam penelitian Mahmuddin

dan Fauziah (2019), yang menegaskan bahwa respon regangan pada jalan berbeda-beda untuk setiap jenis kerusakan.

#### 5.5.4 Perbandingan Umur Layanan

Analisis umur layanan perkerasan pada Ruas Jalan Puncak – Linggarjati dihitung menggunakan Persamaan 3.5. umur layanan diperoleh dari pengurangan nilai 1 satuan dengan perbandingan antara volume lalu lintas prediksi tahunan terhadap volume lalu lintas saat perkerasan mencapai batas kerusakan fatigue, rutting, maupun permanent deformation. Selisih dari perbandingan tersebut menunjukkan nilai sisa umur layanan yang dinyatakan dalam bentuk persentase. Rekapitulasi hasil perhitungan umur layanan dalam persen disajikan pada Tabel 5.28.

**Tabel 5.47 Nilai Layanan 20 Tahun Eksisting Dan Alternatif Desain**

| <b>Jenis Kerusakan</b>              | <b>Eksisting</b> | <b>Desain 1A</b> | <b>Desain 2A</b> | <b>Alternatif Desain 1 B</b> | <b>Alternatif Desain 2B</b> |
|-------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------|-----------------------------|
| <b><i>Fatigue</i></b>               | 101,147          | 101,691          | 146,825          | 109,749                      | 145,496                     |
| <b><i>Rutting</i></b>               | 22,356           | 23,990           | 44,793           | 62,967                       | 44,255                      |
| <b><i>Permanent Deformation</i></b> | 73,353           | 55,513           | 50,650           | 31,958                       | 46,914                      |

Pada perkerasan eksisting, hasil analisis menunjukkan bahwa pada tahun ke-10 terjadi kegagalan akibat kerusakan jenis permanent deformation, dan pada tahun ke-12 perkerasan kembali mengalami kegagalan akibat kerusakan rutting. Oleh karena itu, disusun beberapa alternatif ketebalan perkerasan yang dirancang untuk mampu menahan beban lalu lintas sepanjang umur rencana. Pada hasil analisis, skenario 1A dan skenario 2A memiliki umur rencana lebih dari 20 tahun. Selain itu, diperoleh pula alternatif skenario 1B dan skenario 2B dengan ketebalan yang lebih tipis, namun tetap dapat menahan beban lalu lintas selama 20 tahun.

Menurut Shodiq (2018), masa layan suatu perkerasan akan menurun seiring waktu akibat beban repetitif dari lalu lintas kendaraan yang terjadi secara terus-

menerus. Rekapitulasi nilai sisa umur layanan berdasarkan jenis kerusakan dapat dilihat pada Tabel 5.48

**Tabel 5.48 Hasil Nilai Umur Layanan Berdasarkan Kerusakan**

| <b>Kondisi<br/>Permodelan</b>   | <b>N<sub>1,5</sub></b>           |                                  |                                             | <b>Umur<br/>(Tahun)</b> |
|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|
|                                 | <b><i>Fatigue<br/>(Esal)</i></b> | <b><i>Rutting<br/>(Esal)</i></b> | <b>Permanent<br/>Deformation<br/>(Esal)</b> |                         |
| <b>Eksisting</b>                | 30.974.920,82                    | 1.140.348,48                     | 11.299.182,59                               | 22                      |
| <b>Desain 1A</b>                | 31.578.020,35                    | 1.263.262,48                     | 5.641.970,93                                | 24                      |
| <b>Desain 2A</b>                | 152.843.936,4                    | 3.613.888,966                    | 46.40480,612                                | 44                      |
| <b>Alternatif<br/>Desain 1B</b> | 41.979.913,18                    | 1.972.253,86                     | 7.608.650,19                                | 31                      |
| <b>Alternatif<br/>Desain 2B</b> | 145.973.152,1                    | 3.529.486,949                    | 3.962.040,936                               | 44                      |

## BAB VI

### KESIMPULANS DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai “*Alternatif Desain MDPJ 2024 dan Prediksi Kerusakan Menggunakan Program KENPAVE pada Jalan Ring Road Puncak–Linggarjati Kabupaten Kuningan, Jawa Barat*”

1. berdasarkan MDPJ 2024 memiliki struktur AC setebal 40 mm, BC setebal 60 mm, dan LFA setebal 400 mm. Sementara itu, desain alternatif yang dihitung dengan MDPJ 2024 menghasilkan beberapa variasi struktur lapis, yaitu desain 1A dengan AC-WC 40 mm, AC-BC 65 mm, LFA kelas A 200 mm, dan LFA kelas B 150 mm; desain 2A dengan AC-WC 40 mm, AC-BC 60 mm, CTB 150 mm, dan LFA kelas B 150 mm; desain 1B dengan AC-WC 40 mm, AC-BC 80 mm, LFA kelas A 200 mm, dan LFA kelas B 150 mm; serta desain 2B dengan AC-WC 40 mm, AC-BC 60 mm, CTB 140 mm, dan LFA kelas B 150 mm.
2. Hasil analisis tegangan dan regangan menunjukkan bahwa desain eksisting menghasilkan horizontal strain sebesar 0,000306 dan *vertical strain* sebesar 0,000465. Pada desain alternatif, nilai tegangan dan regangan menurun, yaitu 0,000304 dan 0,000454 pada desain 1A; 0,000203 dan 0,000359 pada desain 2A; 0,000283 dan 0,000411 pada desain 1B; serta 0,000206 dan 0,000361 pada desain 2B. Hal ini menunjukkan bahwa desain alternatif memiliki nilai tegangan dan regangan yang lebih rendah dibandingkan desain eksisting.

Prediksi kerusakan pada desain eksisting diperoleh nilai *fatigue cracking* sebesar 30.974.620,82 ESAL, rutting sebesar 1.140.348,49 ESAL dan permanent deformation sebesar 11.299.182,59 ESAL. Pada desain alternatif diperoleh hasil yang lebih baik, yaitu desain 1A dengan *fatigue cracking* 31.578.020,35 ESAL, rutting 1.263.262,48 ESAL dan permanent deformation 5.641.970,93 ESAL desain 2A dengan *fatigue cracking* 152.843.936,40

ESAL, rutting 3.613.888,97 ESAL dan permanent deformation 4.640.480,12 ESAL desain 1B dengan *fatigue cracking* 41.979.913,18 ESAL, rutting 1.972.253,86 ESAL dan permanent deformation 7.608.650,19 ESAL serta desain 2B dengan *fatigue cracking* 145.973.152,10 ESAL, rutting 3.529.486,95 ESAL dan permanent deformation 9.620.409,36 ESAL. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa desain alternatif memiliki ketahanan lebih tinggi terhadap kerusakan selama umur rencana dibandingkan dengan desain eksisting.

3. Prediksi umur pelayanan pada desain eksisting adalah 22 tahun, sedangkan desain alternatif menunjukkan umur pelayanan yang jauh lebih panjang, yaitu 101 tahun untuk desain 1A, 147 tahun untuk desain 2A, 110 tahun untuk desain 1B, dan 145 tahun untuk desain 2B. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penerapan MDPJ 2024 dalam perencanaan perkerasan jalan memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan dengan eksisting, karena mampu memberikan layanan tanpa terjadi kerusakan selama umur rencana.

## 6.2 Saran

Merujuk pada hasil analisis dan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Ketelitian dan pemahaman terhadap setiap data yang digunakan dalam analisis kerusakan jalan dengan metode mekanistik-empiris pada program KENPAVE sangatlah penting, karena program ini memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi serta cakupan yang luas. Oleh karena itu hal ini harus diperhatikan agar hasil analisis menjadi lebih akurat.
2. Perencanaan desain perkerasan alternatif sebaiknya dilakukan dengan mempertimbangkan metode yang lain, sehingga dapat menghasilkan lebih banyak pilihan yang lebih tepat dan efisien.
3. Desain alternatif yang telah disusun belum disertai dengan perhitungan biaya sehingga perlu dilakukan estimasi biaya untuk memastikan kelayakan

penggunaan desain perkerasan tersebut

## DAFTAR PUSTAKA

- Aji & Susilo (2023). *Evaluasi tebal perkerasan jalan menggunakan program software Kenpave*. Jurnal Rekayasa Lingkungan Terbangun Berkelanjutan, 1(1), 96–105.
- Adiman & Pranata (2024). *Analisis desain perkerasan lentur berdasarkan MDPJ 2017 menggunakan metode mekanistik empiris pada program KENPAVE*. JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil, 7(2), 651–662.
- Arianto, Fauziah (2024). *Kajian kinerja struktur perkerasan lentur dengan pendekatan elatik dan viskoelastik pada jalan Cipatujah – Kalapagenep – Pangadaran*.
- Ramadhani (2018). *Evaluasi tebal perkerasan lentur dengan metode Bina Marga 2013 dan metode mekanistik-empirik menggunakan program Kenpave pada ruas jalan Jogja–Solo*.
- Satria (2022). *Analisis perbandingan desain mekanistik-empiris struktur perkerasan lentur dengan pemodelan elastik dan viskoelastik: Studi kasus pada ruas jalan Milir–Sentolo*.
- Karnurin (2020). *Perbandingan desain perkerasan lentur metode empirik dan metode mekanistik-empirik menggunakan program Kenpave pada ruas jalan Milir–Sentolo*.
- Arrahman (2024). *Evaluasi Kinerja Perkerasan Lentur dan Nilai Sisa berdasarkan Metode Bina Marga 2017 menggunakan Program Kenpave pada Ruas Jalan Tawang – Ngalang Segmen I STA 0+000 – STA 1+950*
- Utari,Nur (2024). *Evaluasi Desain Struktur Perkerasan Lentur dengan Pemodelan Elastik dan Viskoelastik: Studi Kasus Pada Ruas Jalan Siulak Deras – Batas Sumatera Barat (Sta. 4+600)*
- Al’Ashar & Rabhani (2025). *Evaluasi kondisi perkerasan pada Jalan Klangon-Tempel menggunakan metode PCI dan metode mekanistik-empirik dengan program KENPAVE*

Andi (2025). *Evaluasi Kondisi Perkerasan dan Prediksi Nilai Sisa pada Jalan Hertasning – Jalan Yasin Limpo Kota Makassar*

<https://www.scribd.com/document/792671017/5-RSDI-Unang-Budiana>

<http://dx.doi.org/10.24853/jk.15.2.111-119>

Mahmudin, and Fauziah 2019. *Analisis Lapis Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Empirik dan Metode Mekanistik-Empirik Dengan Program KENPAVE Pada Ruas Jalan Imogiri Timur. Semnas BAPPEDA Provinsi Jawa Tengah 2019. 310-317.*

Novriani, dkk (2024). *Perkerasan Lentur Menggunakan MDPJ 2017 Berdasarkan Umur Rencana di Jawa Barat*

Arkan, Nur (2025). *Evaluasi Kinerja Perkerasan Jalan Baru dengan Pendekatan Elastik dan Viskoelastik pada Jalan Tawang-ngalang*

# LAMPIRAN

## **Lampiran 1 Output KENPAVE Perkerasan Desain 1 Permodelan Elastik**

**TITLE -Desain 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/m<sup>3</sup>, and temperature in C  
 THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE :4 6.5 20 15  
 POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE: 0.4 0.4 0.45 0.45 0.45  
 VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 0 10.495 10.5 45 45.505  
 ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED  
 FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE: 1 1.100E+06 2 1.200E+06  
 3 3.150E+05 4 2.100E+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 VERTICAL VERTICAL VERTICAL MAJOR MINOR INTERMEDIATE  
 PRINCIPAL PRINCIPAL P. STRESS  
 NO. COORDINATE DISP. STRESS STRESS STRESS (HORIZONTAL  
 (STRAIN) (STRAIN) (STRAIN) P. STRAIN  

|   |          |         |            |           |            |            |
|---|----------|---------|------------|-----------|------------|------------|
| 1 | 0.00000  | 0.03895 | 550.000    | 1037.964  | 750.837    | 1014.856   |
|   | (STRAIN) |         | -6.390E-05 | 3.015E-04 | -6.390E-05 | 2.721E-04  |
| 1 | 10.49500 | 0.03462 | 265.743    | 266.188   | -383.995   | -313.964   |
|   | (STRAIN) |         | 4.540E-04  | 4.545E-04 | -3.041E-04 | -3.041E-04 |
| 1 | 10.50000 | 0.03461 | 265.656    | 266.102   | -384.619   | -314.523   |
|   | (STRAIN) |         | 4.543E-04  | 4.548E-04 | -3.044E-04 | -3.044E-04 |
| 1 | 45.00000 | 0.02132 | 47.356     | 48.749    | -13.833    | -8.204     |
|   | (STRAIN) |         | 2.697E-04  | 2.794E-04 | -1.528E-04 | -1.528E-04 |
| 1 | 45.50500 | 0.02119 | 46.683     | 48.385    | 0.633      | 3.923      |
|   | (STRAIN) |         | 2.924E-04  | 3.089E-04 | -1.527E-04 | -1.527E-04 |
| 2 | 0.00000  | 0.03690 | 550.000    | 680.363   | 388.474    | 583.254    |
|   | (STRAIN) |         | -1.063E-04 | 2.652E-04 | -1.063E-04 | 1.416E-04  |

|   |          |         |            |           |            |            |
|---|----------|---------|------------|-----------|------------|------------|
| 2 | 10.49500 | 0.03446 | 194.292    | 199.504   | -279.704   | -49.056    |
|   | (STRAIN) |         | 2.698E-04  | 2.758E-04 | -2.832E-04 | -2.832E-04 |
| 2 | 10.50000 | 0.03445 | 194.254    | 199.393   | -280.146   | -49.199    |
|   | (STRAIN) |         | 2.699E-04  | 2.759E-04 | -2.835E-04 | -2.835E-04 |
| 2 | 45.00000 | 0.02223 | 51.350     | 51.553    | -15.090    | -8.970     |
|   | (STRAIN) |         | 2.956E-04  | 2.970E-04 | -1.631E-04 | -1.631E-04 |
| 2 | 45.50500 | 0.02208 | 50.616     | 50.871    | 0.621      | 4.847      |
|   | (STRAIN) |         | 3.203E-04  | 3.227E-04 | -1.630E-04 | -1.630E-04 |
| 3 | 0.00000  | 0.03569 | 0.000      | 549.317   | 276.442    | 436.895    |
|   | (STRAIN) |         | -1.073E-04 | 2.400E-04 | -1.073E-04 | 9.690E-05  |
| 3 | 10.49500 | 0.03369 | 144.713    | 144.713   | -200.391   | 129.999    |
|   | (STRAIN) |         | 1.441E-04  | 1.441E-04 | -2.586E-04 | -2.586E-04 |
| 3 | 10.50000 | 0.03369 | 144.719    | 144.719   | -200.675   | 130.046    |
|   | (STRAIN) |         | 1.441E-04  | 1.441E-04 | -2.588E-04 | -2.588E-04 |
| 3 | 45.00000 | 0.02240 | 52.034     | 52.034    | -15.310    | -9.048     |
|   | (STRAIN) |         | 3.000E-04  | 3.000E-04 | -1.650E-04 | -1.650E-04 |
| 3 | 45.50500 | 0.02225 | 51.296     | 51.296    | 0.618      | 5.050      |
|   | (STRAIN) |         | 3.250E-04  | 3.250E-04 | -1.649E-04 | -1.649E-04 |

## Lampiran 2 Output KENPAVE Perkerasan Desain 2 Permodelan Elastik

TITLE -DESAIN 2

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/m<sup>3</sup>, and temperature in C  
 THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4 6 15 15  
 POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0.4 0.4 0.35 0.45 0.45  
 VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 0 9.995 10 40 40.005  
 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 2.100E+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 VERTICAL VERTICAL VERTICAL MAJOR MINOR INTERMEDIATE  
 PRINCIPAL PRINCIPAL P. STRESS  
 NO. COORDINATE DISP. STRESS STRESS STRESS (HORIZONTAL  
 (STRAIN) (STRAIN) (STRAIN) P. STRAIN)  

|   |          |         |            |           |            |            |
|---|----------|---------|------------|-----------|------------|------------|
| 1 | 0.00000  | 0.03697 | 550.000    | 1027.573  | 808.730    | 1004.859   |
|   | (STRAIN) |         | -3.855E-06 | 2.747E-04 | -3.857E-06 | 2.457E-04  |
| 1 | 9.99500  | 0.03293 | 305.580    | 306.676   | -176.444   | -137.690   |
|   | (STRAIN) |         | 3.590E-04  | 3.603E-04 | -2.034E-04 | -2.034E-04 |
| 1 | 10.00000 | 0.03293 | 305.454    | 306.551   | -176.889   | -138.092   |
|   | (STRAIN) |         | 3.592E-04  | 3.605E-04 | -2.036E-04 | -2.036E-04 |
| 1 | 40.00000 | 0.02221 | 50.589     | 51.942    | -13.919    | -7.519     |
|   | (STRAIN) |         | 2.839E-04  | 2.933E-04 | -1.615E-04 | -1.615E-04 |
| 1 | 40.00500 | 0.02220 | 50.581     | 52.331    | 1.884      | 5.670      |
|   | (STRAIN) |         | 3.093E-04  | 3.262E-04 | -1.614E-04 | -1.614E-04 |
| 2 | 0.00000  | 0.03479 | 550.000    | 638.625   | 388.474    | 558.027    |
|   | (STRAIN) |         | -8.199E-05 | 2.364E-04 | -8.199E-05 | 1.338E-04  |
| 2 | 9.99500  | 0.03286 | 201.611    | 219.167   | -120.596   | 28.714     |

|   |          |            |           |            |            |         |
|---|----------|------------|-----------|------------|------------|---------|
|   | (STRAIN) | 1.928E-04  | 2.133E-04 | -1.831E-04 | -1.831E-04 |         |
| 2 | 10.00000 | 0.03286    | 201.556   | 218.997    | -120.914   | 28.644  |
|   | (STRAIN) | 1.929E-04  | 2.133E-04 | -1.833E-04 | -1.833E-04 |         |
| 2 | 40.00000 | 0.02315    | 54.496    | 54.678     | -15.175    | -7.843  |
|   | (STRAIN) | 3.084E-04  | 3.097E-04 | -1.726E-04 | -1.726E-04 |         |
| 2 | 40.00500 | 0.02315    | 54.488    | 54.727     | 1.900      | 7.026   |
|   | (STRAIN) | 3.358E-04  | 3.381E-04 | -1.726E-04 | -1.726E-04 |         |
| 3 | 0.00000  | 0.03373    | 0.000     | 519.405    | 276.442    | 429.206 |
|   | (STRAIN) | -9.364E-05 | 2.156E-04 | -9.364E-05 | 1.008E-04  |         |
| 3 | 9.99500  | 0.03218    | 128.689   | 171.132    | -73.412    | 128.689 |
|   | (STRAIN) | 7.467E-05  | 1.242E-04 | -1.611E-04 | -1.611E-04 |         |
| 3 | 10.00000 | 0.03218    | 128.703   | 171.123    | -73.614    | 128.703 |
|   | (STRAIN) | 7.475E-05  | 1.242E-04 | -1.613E-04 | -1.613E-04 |         |
| 3 | 40.00000 | 0.02333    | 55.086    | 55.086     | -15.365    | -7.749  |
|   | (STRAIN) | 3.118E-04  | 3.118E-04 | -1.746E-04 | -1.746E-04 |         |
| 3 | 40.00500 | 0.02332    | 55.078    | 55.078     | 1.902      | 7.340   |
|   | (STRAIN) | 3.395E-04  | 3.395E-04 | -1.746E-04 | -1.746E-04 |         |

### Lampiran 3 Output KENPAVE Perkerasan Alternatif Desain 1 Permodelan Elastik

TITLE -alternatif desain 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/m<sup>3</sup>, and temperature in C  
 THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4 8 20 15  
 POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0.4 0.4 0.45 0.45 0.45  
 VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 0 11.995 12 47 47.005  
 ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED  
 FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 1.100E+06 2 1.200E+06  
 3 3.150E+05 4 2.100E+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 VERTICAL VERTICAL VERTICAL MAJOR MINOR INTERMEDIATE  
 PRINCIPAL PRINCIPAL P. STRESS  
 NO. COORDINATE DISP. STRESS STRESS STRESS (HORIZONTAL  
 (STRAIN) (STRAIN) (STRAIN) P. STRAIN)  

|   |          |         |            |           |            |            |
|---|----------|---------|------------|-----------|------------|------------|
| 1 | 0.00000  | 0.03724 | 550.000    | 991.361   | 750.836    | 968.362    |
|   | (STRAIN) |         | -3.005E-05 | 2.761E-04 | -3.005E-05 | 2.468E-04  |
| 1 | 11.99500 | 0.03272 | 230.670    | 231.229   | -364.042   | -292.964   |
|   | (STRAIN) |         | 4.110E-04  | 4.117E-04 | -2.828E-04 | -2.828E-04 |
| 1 | 12.00000 | 0.03272 | 230.594    | 231.153   | -364.559   | -293.425   |
|   | (STRAIN) |         | 4.113E-04  | 4.120E-04 | -2.830E-04 | -2.830E-04 |
| 1 | 47.00000 | 0.02051 | 43.671     | 44.875    | -13.335    | -8.325     |
|   | (STRAIN) |         | 2.518E-04  | 2.601E-04 | -1.418E-04 | -1.418E-04 |
| 1 | 47.00500 | 0.02051 | 43.666     | 45.226    | 0.684      | 3.561      |
|   | (STRAIN) |         | 2.737E-04  | 2.888E-04 | -1.418E-04 | -1.418E-04 |
| 2 | 0.00000  | 0.03511 | 550.000    | 611.637   | 353.797    | 540.019    |
|   | (STRAIN) |         | -9.715E-05 | 2.310E-04 | -9.715E-05 | 1.399E-04  |
| 2 | 11.99500 | 0.03293 | 177.129    | 179.880   | -278.849   | -72.253    |
|   | (STRAIN) |         | 2.637E-04  | 2.669E-04 | -2.682E-04 | -2.682E-04 |
| 2 | 12.00000 | 0.03293 | 177.094    | 179.805   | -279.224   | -72.407    |
|   | (STRAIN) |         | 2.639E-04  | 2.670E-04 | -2.685E-04 | -2.685E-04 |
| 2 | 47.00000 | 0.02134 | 47.287     | 47.468    | -14.527    | -9.277     |
|   | (STRAIN) |         | 2.758E-04  | 2.770E-04 | -1.510E-04 | -1.510E-04 |
| 2 | 47.00500 | 0.02134 | 47.281     | 47.519    | 0.677      | 4.317      |
|   | (STRAIN) |         | 2.995E-04  | 3.018E-04 | -1.510E-04 | -1.510E-04 |
| 3 | 0.00000  | 0.03435 | 0.000      | 535.276   | 276.442    | 433.479    |
|   | (STRAIN) |         | -1.010E-04 | 2.285E-04 | -1.010E-04 | 9.890E-05  |
| 3 | 11.99500 | 0.03243 | 140.993    | 140.993   | -217.992   | 65.254     |
|   | (STRAIN) |         | 1.684E-04  | 1.684E-04 | -2.504E-04 | -2.504E-04 |
| 3 | 12.00000 | 0.03243 | 140.991    | 140.991   | -218.256   | 65.246     |
|   | (STRAIN) |         | 1.685E-04  | 1.685E-04 | -2.506E-04 | -2.506E-04 |
| 3 | 47.00000 | 0.02149 | 47.926     | 47.926    | -14.739    | -9.407     |
|   | (STRAIN) |         | 2.800E-04  | 2.800E-04 | -1.527E-04 | -1.527E-04 |
| 3 | 47.00500 | 0.02149 | 47.919     | 47.919    | 0.675      | 4.482      |
|   | (STRAIN) |         | 3.040E-04  | 3.040E-04 | -1.527E-04 | -1.527E-04 |

**Lampiran 4 Output KENPAVE Perkerasan Desain 2 Permodelan Elastik**

**TITLE -DESAIN ALTERNATIF 2**

**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/m<sup>3</sup>, and temperature in C  
 THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4 6 14 15  
 POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0.4 0.4 0.35 0.45 0.45  
 VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 0 9.995 10 39 39.005  
 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 2.100E+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 s  
 POINT VERTICAL VERTICAL VERTICAL MAJOR MINOR INTERMEDIATE  
 PRINCIPAL PRINCIPAL P. STRESS  
 NO. COORDINATE DISP. STRESS STRESS STRESS (HORIZONTAL  
 (STRAIN) (STRAIN) (STRAIN) P. STRAIN)  

|          |          |            |           |            |            |          |
|----------|----------|------------|-----------|------------|------------|----------|
| 1        | 0.00000  | 0.03741    | 550.000   | 1034.226   | 808.729    | 1010.946 |
| (STRAIN) |          | -8.488E-06 | 2.785E-04 | -8.491E-06 | 2.488E-04  |          |
| 1        | 9.99500  | 0.03337    | 303.788   | 304.894    | -181.882   | -142.316 |
| (STRAIN) |          | 3.609E-04  | 3.621E-04 | -2.058E-04 | -2.058E-04 |          |
| 1        | 10.00000 | 0.03337    | 303.662   | 304.767    | -182.333   | -142.723 |
| (STRAIN) |          | 3.610E-04  | 3.623E-04 | -2.060E-04 | -2.060E-04 |          |
| 1        | 39.00000 | 0.02267    | 52.624    | 54.033     | -14.388    | -7.597   |
| (STRAIN) |          | 2.947E-04  | 3.044E-04 | -1.680E-04 | -1.680E-04 |          |
| 1        | 39.00500 | 0.02266    | 52.616    | 54.438     | 2.024      | 6.058    |
| (STRAIN) |          | 3.211E-04  | 3.387E-04 | -1.680E-04 | -1.680E-04 |          |
| 2        | 0.00000  | 0.03527    | 550.000   | 645.485    | 388.474    | 563.409  |
| (STRAIN) |          | -8.644E-05 | 2.407E-04 | -8.644E-05 | 1.362E-04  |          |
| 2        | 9.99500  | 0.03333    | 200.430   | 217.766    | -126.279   | 23.830   |

```

(STRAIN)      1.954E-04  2.156E-04 -1.858E-04 -1.858E-04
2  10.00000  0.03333  200.374  217.597 -126.604  23.754
(STRAIN)      1.955E-04  2.156E-04 -1.860E-04 -1.860E-04
2  39.00000  0.02365  56.663  56.848 -15.671  -7.789
(STRAIN)      3.197E-04  3.210E-04 -1.798E-04 -1.798E-04
2  39.00500  0.02365  56.655  56.898   2.052   7.569
(STRAIN)      3.481E-04  3.505E-04 -1.797E-04 -1.797E-04
3   0.00000  0.03421   0.000  526.172  276.442  434.036
(STRAIN)      -9.786E-05  2.200E-04 -9.786E-05  1.027E-04
3   9.99500  0.03266  127.793  165.966 -79.077  127.793
(STRAIN)      7.753E-05  1.221E-04 -1.638E-04 -1.638E-04
3  10.00000  0.03266  127.807  165.951 -79.285  127.807
(STRAIN)      7.762E-05  1.221E-04 -1.640E-04 -1.640E-04
3  39.00000  0.02383  57.252  57.252 -15.857  -7.644
(STRAIN)      3.230E-04  3.230E-04 -1.818E-04 -1.818E-04
3  39.00500  0.02383  57.243  57.243   2.056   7.921
(STRAIN)      3.517E-04  3.517E-04 -1.818E-04 -1.818E-04

```