

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Tebal Perkerasan dengan Metode Analisa Komponen dari Bina Marga 1987

1. Data Perencanaan Tebal Perkerasan

Data perencanaan tebal perkerasan yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 5.1**.

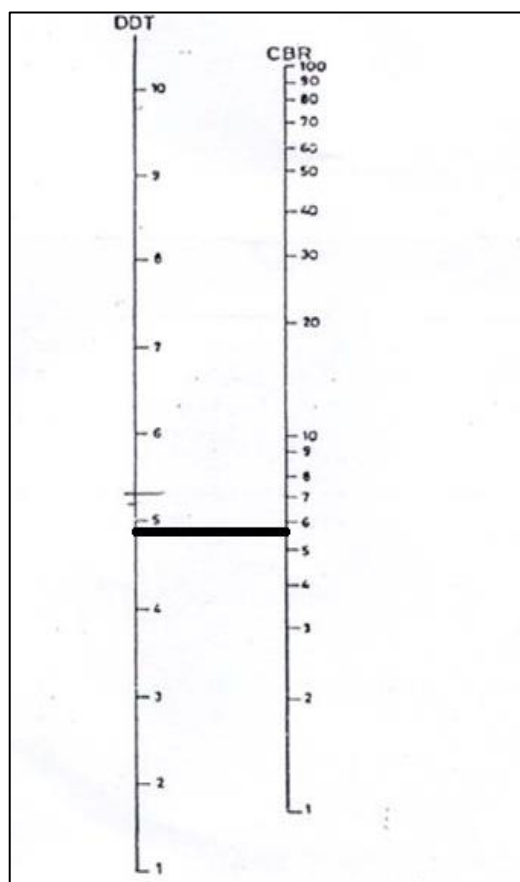
Tabel 5.1 Data Perencanaan Tebal Perkerasan

No	Data – Data	Keterangan
1	Jalan dibuka	2014
2	Pertumbuhan lalu lintas (i)	3,5 %
3	Umur Rencana (UR)	20 Tahun
4	Susunan Lapisan Perkerasan : 1. <i>Surface Course</i> 2. <i>Base Course</i> 3. <i>Sub Base Course</i>	Material Lapisan Perkerasan : 1. Laston MS 744 2. Batu Pecah Agregat Kelas A 3. Sirtu Kelas A
5	Koefisien Distribusi Kendaraan (C)	2 Lajur 2 Arah

Sumber : Proyek Peningkatan Jalan Karangmojo-Semin, 2013 dalam Kurniawan (2014)

2. CBR dan Daya Dukung Tanah (DDT)

Nilai CBR pada ruas jalan Karangmojo-Semin sebesar 5,82 %. Penentuan DDT berdasarkan nomogram pada **Gambar 5.1** korelasi antara CBR dan DDT. Nilai DDT didapat sebesar 4,9.



Gambar 5.1 Korelasi antara CBR dan DDT

3. Lalu Lintas Rencana

Data sekunder mengenai data distribusi kendaraan dan komposisi lalu lintas dapat dilihat pada **Tabel 5.2**.

Tabel 5.2 Data Lalu Lintas Rata-rata Jalan Karangmojo-Semin 2013

No	Tipe Kendaraan	Lintas Harian Rata - Rata (Kendaraan)
1	Mobil Penumpang (2 ton)	623
2	Angkutan Penumpang Sedang (3,5 ton)	243
3	Mobil <i>Pick Up</i> , Mobil <i>Box</i> dan Mobil Hantaran (3,5 ton)	297
4	Bus Sedang (6 ton)	9
5	Bus Besar (9 ton)	90

Tabel 5.2 Data Lalu Lintas Rata-rata Jalan Karangmojo-Semin 2013 (Lanjutan)

No	Tipe Kendaraan	Lintas Harian Rata – Rata (Kendaraan)
6	Truk Sedang 2 sumbu (8,3 ton)	174
7	Truk Besar 2 sumbu (18,2 ton)	440
8	Truk Besar 3 sumbu (25 ton)	46
9	Truk Gandeng (31,4 ton)	11
10	Truk Semi Trailer (42 ton)	7
Jumlah		1940

Sumber : Proyek Peningkatan Jalan Karangmojo-Semin, 2013

Berdasarkan tingkat pertumbuhan lalu lintas dan distribusi kendaraan serta komposisi arus lalu lintas yang terjadi pada ruas jalan Karangmojo – Semin, diperoleh hasil analisis lalu lintas harian rata – rata yang dapat dilihat pada **Tabel 5.3**. Adapun tahapan dalam analisis lalu lintas harian ialah sebagai berikut:

a. Menghitung Lalu Lintas Harian Rata-Rata pada Umur Rencana

Perhitungan lalu lintas harian rata-rata pada umur rencana diberikan contoh hitungan pada mobil penumpang menggunakan **Persamaan 3.4** sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 LHR_{20} &= LHR_0 \times (1 + i)^{UR} \\
 &= 623 \times (1 + 0,035)^{20} \\
 &= 1.240 \text{ kendaraan}
 \end{aligned}$$

Dengan : LHR_{20} = Lalu lintas harian rata-rata pada umur rencana 20 tahun

LHR_0 = Lalu lintas harian rata-rata pada tahun pengamatan

i = Pertumbuhan lalu lintas

UR = Umur Rencana

Hasil hitungan lalu lintas harian rata-rata pada umur rencana untuk semua jenis kendaraan dapat dilihat pada **Tabel 5.3**.

Tabel 5.3 Lalu Lintas Harian Rata-Rata Selama Umur Rencana

No	Tipe Kendaraan	LHR ₀	LHR ₂₀
1	Mobil Penumpang (2 ton)	623	1.240
2	Angkutan Penumpang Sedang (3,5 ton)	243	484
3	Mobil <i>Pick Up</i> , Mobil <i>Box</i> dan Mobil Hantaran (3,5 ton)	297	591
4	Bus Sedang (6 ton)	9	18
5	Bus Besar (9 ton)	90	179
6	Truk Sedang 2 sumbu (8,3 ton)	174	346
7	Truk Besar 2 sumbu (18,2 ton)	440	876
8	Truk Besar 3 sumbu (25 ton)	46	92
9	Truk Gandeng (31,4 ton)	11	22
10	Truk Semi Trailer (42 ton)	7	14
Jumlah		1940	3860

Sumber : Proyek Peningkatan Jalan Karangmojo-Semin, 2013

b. Menghitung Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Untuk menghitung Angka Ekuivalen kendaraan menggunakan **Persamaan 3.1, 3.2** dan **3.3**. Konfigurasi beban sumbu kendaraan berdasarkan **Tabel 3.3**.

1) Pada Jenis Kendaraan Golongan 2

Berat total maksimum = 2.000 kg

Distribusi beban sumbu depan 50 % dan belakang 50 %

Angka ekuivalen :

$$\begin{aligned}
 E &= \left[\frac{50\% \times 2000}{8160} \right]^4 + \left[\frac{50\% \times 2000}{8160} \right]^4 \\
 &= 0,00023 + 0,00023 \\
 &= 0,00046
 \end{aligned}$$

2) Pada Jenis Kendaraan Golongan 3

Berat total maksimum = 3.500 kg

Distribusi beban sumbu depan 50 % dan belakang 50 %

$$\begin{aligned}
 E &= \left[\frac{50\% \times 3500}{8160} \right]^4 + \left[\frac{50\% \times 3500}{8160} \right]^4 \\
 &= 0,0021 + 0,0021 \\
 &= 0,0042
 \end{aligned}$$

3) Pada Jenis Kendaraan Golongan 4

Berat total maksimum = 3.500 kg

Distribusi beban sumbu depan 34 % dan belakang 66 %

$$\begin{aligned}
 E &= \left[\frac{34\% \times 3500}{8160} \right]^4 + \left[\frac{66\% \times 3500}{8160} \right]^4 \\
 &= 0,00045 + 0,0064 \\
 &= 0,00685
 \end{aligned}$$

4) Pada Jenis Kendaraan Golongan. 4

Berat total maksimum = 6.000 kg

Distribusi beban sumbu depan 34 % dan belakang 66 %

$$\begin{aligned}
 E &= \left[\frac{34\% \times 6000}{8160} \right]^4 + \left[\frac{66\% \times 6000}{8160} \right]^4 \\
 &= 0,0039 + 0,0555 \\
 &= 0,0594
 \end{aligned}$$

5) Pada Jenis Kendaraan Golongan 5a

Berat total maksimum = 9.000 kg

Distribusi beban sumbu depan 34 % dan belakang 66 %

$$\begin{aligned}
 E &= \left[\frac{34\% \times 9000}{8160} \right]^4 + 0,086 \left[\frac{66\% \times 9000}{8160} \right]^4 \\
 &= 0,0198 + 0,0241 \\
 &= 0,0439
 \end{aligned}$$

6) Pada Jenis Kendaraan Golongan 5b

Berat total maksimum = 8.300 kg

Distribusi beban sumbu depan 34 % dan belakang 66 %

$$\begin{aligned}
 E &= \left[\frac{34\% \times 8300}{8160} \right]^4 + 0,086 \left[\frac{66\% \times 8300}{8160} \right]^4 \\
 &= 0,0143 + 0,0175 \\
 &= 0,0318
 \end{aligned}$$

7) Pada Jenis Kendaraan Golongan. 6b

Berat total maksimum = 18.200 kg

Distribusi beban sumbu depan 34 % dan belakang 66 %

$$\begin{aligned}
 E &= \left[\frac{34\% \times 18200}{8160} \right]^4 + 0,086 \left[\frac{66\% \times 18200}{8160} \right]^4 \\
 &= 0,3307 + 0,4038 \\
 &= 0,7345
 \end{aligned}$$

8) Pada Jenis Kendaraan Golongan. 7a

Berat total maksimum = 25.000 kg

Distribusi beban sumbu depan 25 %, belakang 37,5 % dan belakang 37,5 %

$$\begin{aligned}
 E &= \left[\frac{25\% \times 25000}{8160} \right]^4 + 0,086 \left[\frac{37,5\% \times 25000}{8160} \right]^4 + \\
 &0,086 \left[\frac{37,5\% \times 25000}{8160} \right]^4 \\
 &= 0,3442 + 0,1498 + 0,1498 \\
 &= 0,6438
 \end{aligned}$$

9) Pada Jenis Kendaraan Golongan 7b

Berat total maksimum = 31.400 kg

Distribusi beban sumbu depan 18 %, belakang 28 %, belakang 27 % dan belakang 27 %

$$\begin{aligned}
 E &= \left[\frac{18\% \times 31400}{8160} \right]^4 + 0,086 \left[\frac{28\% \times 31400}{8160} \right]^4 + \\
 &0,086 \left[\frac{27\% \times 31400}{8160} \right]^4 + 0,086 \left[\frac{27\% \times 31400}{8160} \right]^4 \\
 &= 0,2302 + 0,1159 + 0,1002 + 0,1002 \\
 &= 0,5465
 \end{aligned}$$

10) Pada Jenis Kendaraan Golongan 7c

Berat total maksimum = 42.000 kg

Distribusi beban sumbu depan 18 %, belakang 28 %, belakang 27 % dan belakang 27 %

$$\begin{aligned}
 E &= \left[\frac{18\% \times 42000}{8160} \right]^4 + 0,086 \left[\frac{28\% \times 42000}{8160} \right]^4 + \\
 &0,086 \left[\frac{27\% \times 42000}{8160} \right]^4 + 0,086 \left[\frac{27\% \times 42000}{8160} \right]^4 \\
 &= 0,7368 + 0,3710 + 0,3208 + 0,3208 \\
 &= 1,7494
 \end{aligned}$$

- c. Menghitung Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dan Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

Menentukan nilai LEP dan LEA dengan menggunakan **Persamaan 3.5** dan **3.6** pada **Tabel 5.4**.

Tabel 5.4 Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dan Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

No	Tipe Kendaraan	LHR		C	E	LEP	LEA
		2014	2034				
1	Mobil Penumpang (2 ton)	623	1.240	0,5	0,00046	0,1433	0,2852
2	Angkutan Penumpang Sedang (3,5 ton)	243	484	0,5	0,0042	0,5103	1,0164
3	Mobil <i>Pick Up</i> , Mobil <i>Box</i> dan Mobil Hantaran (3,5 ton)	297	591	0,5	0,00685	1,0172	2,0242
4	Bus Sedang (6 ton)	9	18	0,5	0,0594	0,2673	0,5346
5	Bus Besar (9 ton)	90	179	0,5	0,0439	1,9755	3,9291
6	Truk Sedang 2 sumbu (8,3 ton)	174	346	0,5	0,0318	2,7666	5,5014
7	Truk Besar 2 sumbu (18,2 ton)	440	876	0,5	0,7345	161,59	321,711
8	Truk Besar 3 sumbu (25 ton)	46	92	0,5	0,6438	14,8074	29,6148
9	Truk Gandeng (31,4 ton)	11	22	0,5	0,5465	3,0058	6,0115
10	Truk Semi Trailer (42 ton)	7	14	0,5	1,7494	6,1229	12,2458
Jumlah		1.940	3.860	-	-	192,2063	382,874

Sumber : Proyek Peningkatan Jalan Karangmojo-Semin, 2013

d. Menghitung Lintas Ekuivalen Tengah (LET)

Menentukan nilai LET dengan menggunakan **Persamaan 3.7.**

$$\begin{aligned} \text{LET} &= \frac{1}{2} \times (192,2063 + 382,874) \\ &= 287,5402 \end{aligned}$$

e. Menghitung Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

Menentukan nilai LER dengan menggunakan **Persamaan 3.8.**

$$\begin{aligned} \text{LER} &= 287,5402 \times \frac{20}{10} \\ &= 575,0804 \end{aligned}$$

f. Faktor Regional (FR)

Dari data sekunder yang didapat dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta diperoleh nilai FR sebesar 1.

g. Indeks Permukaan

1) Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IP_0)

Direncanakan jenis lapisan Laston dengan *Roughness* > 1000 mm/km, maka berdasarkan Buku Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987 diperoleh $IP_0 = \geq 4$.

2) Indeks Permukaan pada Umur Rencana (IP_t)

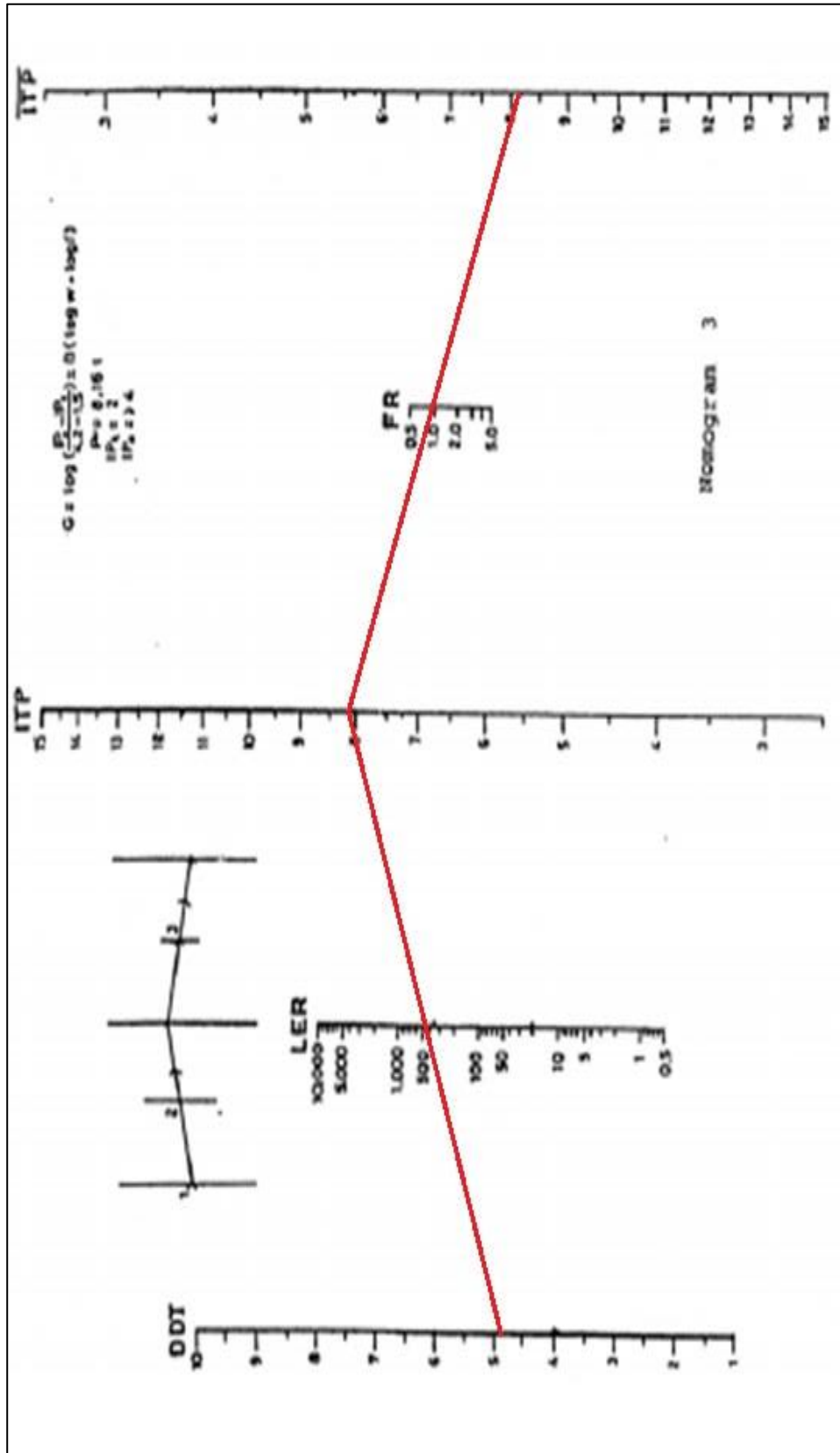
Dari data klasifikasi manfaat Jalan Kolektor dan hasil perhitungan LER yaitu didapat nilai LER = 575,0804 dibulatkan 576, maka berdasarkan Buku Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987 diperoleh $IP_t = 2,0 - 2,5$ diambil nilai 2,0.

h. Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Nilai ITP ditentukan dari nomogram 3 pada **Gambar 5.2** berdasarkan data **Tabel 5.5**.

Tabel 5.5 Data untuk plot Nomogram 3

Data	Nilai
IP_0	≥ 4
IP_t	2,0
DDT	4,9
LER	576
FR	1



Gambar 5.2 Nomogram Penentuan Nilai Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Dengan nomogram 3, diperoleh nilai ITP sebesar 8,2. Dari nilai ITP dapat direncanakan susunan lapisan perkerasan sebagai berikut :

- 1) Lapis Permukaan digunakan LASTON MS 744, D minimum = 10 cm.
- 2) Lapis Pondasi Atas digunakan Batu Pecah kelas A CBR 100 %, D minimum = 20 cm.
- 3) Lapis Pondasi Bawah digunakan Batu Pecah kelas B CBR 50 %.

Nilai Koefisien Kekuatan Relatif (a) dapat dilihat pada **Tabel 3.8** berdasarkan material lapisan perkerasan, sebagai berikut :

- 1) Lapis Permukaan digunakan LASTON MS 744 didapat nilai $a_1 = 0,4$.
- 2) Lapis Pondasi Atas digunakan Batu Pecah kelas A CBR 100 % didapat nilai $a_2 = 0,14$.
- 3) Lapis Pondasi Bawah digunakan Batu Pecah kelas B CBR 50 % didapat nilai $a_3 = 0,12$.

Dari nilai ITP dan Koefisien Kekuatan Relatif (a) masing-masing lapis perkerasan, maka dapat dihitung tebal lapis perkerasan berdasarkan persamaan 3.10. Berikut adalah perhitungan tebal lapis pondasi bawah berdasarkan nilai ITP dari nomogram 3.

$$\text{ITP} = (a_1 \times D_1) + (a_2 \times D_2) + (a_3 \times D_3)$$

$$8,2 = (0,4 \times 10) + (0,14 \times 20) + (0,12 \times D_3)$$

$$0,12 \times D_3 = 8,2 - 3,25 - 2,8$$

$$D_3 = \frac{2,15}{0,12}$$

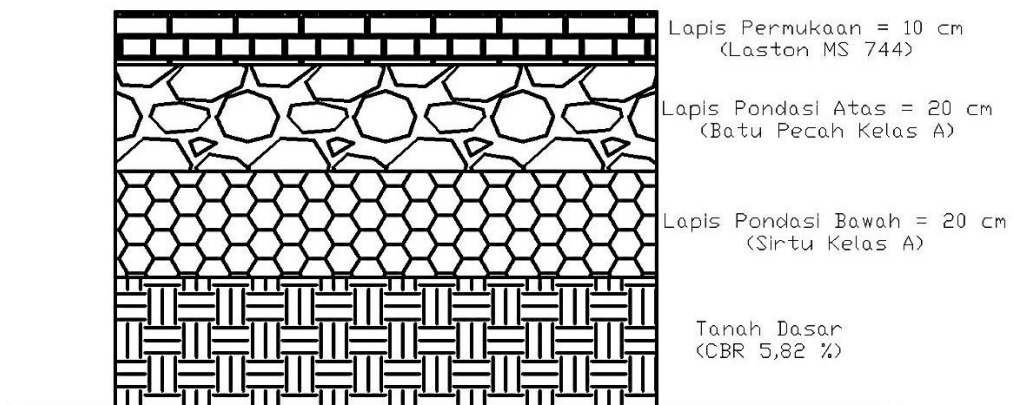
$$D_3 = 17,96 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

Jadi dari hasil tersebut didapatkan nilai tebal perkerasan dengan metode Bina Marga 1987 dapat dilihat pada **Tabel 5.6 dan Gambar 5.3**.

Tabel 5.6 Tebal Perkerasan Tiap Lapisan dengan Metode Bina Marga 1987

Lapisan	Bahan	Tebal Lapisan
Lapisan Permukaan	Laston MS 744	10 cm
Lapis Pondasi Atas	Batu Pecah Kelas A	20 cm
Lapis Pondasi Bawah	Agregat Kelas A	20 cm
Tanah Dasar	CBR 5,82 %	-

Sumber : Hasil Penelitian, 2017



Gambar 5.3 Tebal Perkerasan tiap Lapisan dengan Metode Bina Marga 1987

B. Perhitungan Tebal Perkerasan dengan AASHTO 1993

1. LHR 2014 dan LHR 2034

Nilai LHR 2034 didapatkan dari rumus **Persamaan 3.4** dan dapat dilihat pada **Tabel 5.7**.

Tabel 5.7 LHR 2014 dan LHR 2034

No	Tipe Kendaraan	LHR 2014	LHR 2034
1	Mobil Penumpang (2 ton)	623	1.240
2	Angkutan Penumpang Sedang (3,5 ton)	243	484
3	Mobil <i>Pick Up</i> , Mobil <i>Box</i> dan Mobil Hantaran (3,5 ton)	297	591
4	Bus Sedang (6 ton)	9	18
5	Bus Besar (9 ton)	90	179
6	Truk Sedang 2 sumbu (8,3 ton)	174	346
7	Truk Besar 2 sumbu (18,2 ton)	440	876
8	Truk Besar 3 sumbu (25 ton)	46	92
9	Truk Gandeng (31,4 ton)	11	22
10	Truk Semi Trailer (42 ton)	7	14
Jumlah		1.940	3.860

2. Menentukan Nilai Indeks Pelayanan

Penentuan nilai P_o dan P_t bergantung pada parameter fungsi jalan dan kategori pembangunan sebagai berikut :

Fungsi jalan = Arteri

Kategori pembangunan = Pembangunan jalan baru

Nilai P_o = 4,2 (Rekomendasi AASHTO 1993)

Nilai P_t = 2,5

$\Delta PSI = P_o - P_t = 4,2 - 2,5 = 1,7$

3. *California Bearing Ratio* (CBR)

Nilai CBR tanah dasar pada ruas jalan Karangmojo–Semin sebesar 5,82 %.

4. Modulus Resilien Tanah Dasar (M_R)

Nilai modulus resilien didapat dari rumus **Persamaan 3.17**.

$$\begin{aligned} M_R &= 1500 \times \text{CBR} \\ &= 1500 \times 5,82 \\ &= 8730 \text{ Psi} \end{aligned}$$

5. Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Ruas jalan 2 arah, sehingga faktor distribusi (D_D) = 50 %

Faktor distribusi lajur 2 arah, mengacu pada **Tabel 3.11** (D_L) = 100 %

6. Reliabilitas (R)

Fungsi jalan merupakan arteri daerah *Rural*, sehingga berdasarkan **Tabel 3.14** tingkat Reliabilitas = 75 % - 95 % diambil 85 %.

7. Simpangan Baku (S_o)

Dengan nilai Reliabilitas = 85 % sehingga mengacu pada **Tabel 3.15** diperoleh $Z_R = -1,037$ dan nilai $S_o = 0,44$.

8. Angka Ekuivalen (E)

Angka ekuivalen dihitung dengan menggunakan **Persamaan 3.1**, **3.2** dan **3.3**. Konfigurasi beban sumbu kendaraan diperoleh berdasarkan **Tabel 3.5**. Untuk hasil nilai angka ekuivalen dapat dilihat pada **Tabel 5.8**.

Tabel 5.8 Nilai Angka Ekivalen

No	Tipe Kendaraan	Angka Ekivalen berdasarkan Beban			Angka Ekivalen Total	
		Depan	Belakang			
1	Mobil Penumpang (2 ton)	0,00023	0,00023		0,00046	
2	Angkutan Penumpang Sedang (3,5 ton)	0,0021	0,0021		0,0042	
3	Mobil <i>Pick Up</i> , Mobil <i>Box</i> dan Mobil Hantaran (3,5 ton)	0,00045	0,0064		0,0069	
4	Bus Sedang (6 ton)	0,0039	0,0555		0,0594	
5	Bus Besar (9 ton)	0,0198	0,0175		0,0318	
6	Truk Sedang 2 sumbu (8,3 ton)	0,0143	0,2027		0,217	
7	Truk Besar 2 sumbu (18,2 ton)	0,3307	0,4038		0,7345	
8	Truk Besar 3 sumbu (25 ton)	0,3442	0,1498	0,1498	0,6438	
9	Truk Gandeng (31,4 ton)	0,2302	0,1159	0,1002	0,1002	0,5465
10	Truk Semi Trailer (42 ton)	0,7368	0,3710	0,3208	0,3208	1,7494

Sumber : Proyek Peningkatan Jalan Karangmojo-Semin, 2013

9. Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)

Untuk menghitung nilai LEP dapat digunakan **Persamaan 3.18** dan didapatkan nilai LEP berdasarkan jenis kendaraan pada **Tabel 5.9**.

$$LEP = LHR_0 \times E \times D_D \times D_L$$

- Dengan :
- LHR_0 = Lalu lintas harian di awal umur rencana
 - E = Angka ekivalen untuk satu jenis kendaraan
 - D_D = Faktor distribusi arah
 - D_L = Faktor distribusi jalur

Tabel 5.9 Nilai Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

No	Tipe Kendaraan	LHR pada 2014	E	D _D	D _L	LEP
1	Mobil Penumpang (2 ton)	623	0,00046	0,5	1,0	0,1433
2	Angkutan Penumpang Sedang (3,5 ton)	243	0,0042	0,5	1,0	0,5103
3	Mobil <i>Pick Up</i> , Mobil <i>Box</i> dan Mobil Hantaran (3,5 ton)	297	0,0069	0,5	1,0	1,0247
4	Bus Sedang (6 ton)	9	0,0594	0,5	1,0	0,2673
5	Bus Besar (9 ton)	90	0,0439	0,5	1,0	1,9755
6	Truk Sedang 2 sumbu (8,3 ton)	174	0,0318	0,5	1,0	2,7666
7	Truk Besar 2 sumbu (18,2 ton)	440	0,7345	0,5	1,0	161,59
8	Truk Besar 3 sumbu (25 ton)	46	0,6438	0,5	1,0	14,8074
9	Truk Gandeng (31,4 ton)	11	0,5465	0,5	1,0	3,0058
10	Truk Semi Trailer (42 ton)	7	1,7494	0,5	1,0	6,1229
Jumlah		1.940	-	-	-	208,3187

Sumber : Proyek Peningkatan Jalan Karangmojo-Semin, 2013

10. Lintas Ekuivalen Selama Umur Rencana (w18)

Untuk menghitung nilai w18 digunakan **Persamaan 3.19** dan **Persamaan 3.20**.

$$W18 = LEP \times 365 \times N$$

Dengan : 365 = Jumlah hari dalam setahun

N = Faktor umur rencana yang sudah disesuaikan dengan perkembangan lalulintas.

Besarnya nilai N diperoleh dari Persamaan 3.21.

$$N = \frac{(1 + i)^{UR} - 1}{i}$$

Dengan : i = Faktor pertumbuhan lalulintas selama UR

UR = Umur Rencana

Pada perencanaan tebal perkerasan ini umur rencana = 20 tahun, $i = 3,5\%$ sehingga nilai $N = 28,28$. Untuk nilai w_{18} dapat dilihat pada **Tabel 5.10**.

Tabel 5.10 Nilai Lintas Ekuivalen Selama Umur Rencana

No	Tipe Kendaraan	i (%)	UR (tahun)	N	LEP	Hari	w_{18}
1	Mobil Penumpang (2 ton)	3,5	20	28,28	0,1433	365	1479,1713
2	Angkutan Penumpang Sedang (3,5 ton)	3,5	20	28,28	0,5103	365	5267,4187
3	Mobil <i>Pick Up</i> , Mobil <i>Box</i> dan Mobil Hantaran (3,5 ton)	3,5	20	28,28	1,0247	365	10577,1583
4	Bus Sedang (6 ton)	3,5	20	28,28	0,2673	365	2759,1241
5	Bus Besar (9 ton)	3,5	20	28,28	1,9755	365	20391,5061
6	Truk Sedang 2 sumbu (8,3 ton)	3,5	20	28,28	2,7666	365	166315,4153
7	Truk Besar 2 sumbu (18,2 ton)	3,5	20	28,28	161,59	365	1667964,298

Tabel 5.10 Nilai Lintas Ekuivalen Selama Umur Rencana (Lanjutan)

No	Tipe Kendaraan	i (%)	UR (tahun)	N	LEP	Hari	w 18
8	Truk Besar 3 sumbu (25 ton)	3,5	20	28,28	14,8074	365	152844,9443
9	Truk Gandeng (31,4 ton)	3,5	20	28,28	3,0058	365	31026,4688
10	Truk Semi Trailer (42 ton)	3,5	20	28,28	6,1229	365	63201,7984
Jumlah		1.940	-	-	208,3187	-	1984069,287

Sumber : Proyek Peningkatan Jalan Karangmojo – Semin, 2013

11. Nilai Indeks Pelayanan (Δ PSI)

Menentukan P_o dan P_t bergantung pada parameter fungsi jalan dan kategori pembangunan sebagai berikut :

Fungsi jalan = Arteri

Kategori pembangunan = Pembangunan jalan baru

Nilai P_o = 4,2 (Rekomendasi AASHTO 1993)

Nilai P_t = 2,5

Δ PSI = $P_o - P_t$ = 4,2 – 2,5 = 1,7

12. Faktor Drainase (m)

Kualitas drainase didapatkan berdasarkan **Tabel 3.16** sedangkan untuk nilai koefisien drainase didapatkan berdasarkan **Tabel 3.17**. Dari tabel tersebut didapatkan nilai koefisien **1,00** berdasarkan dari kualitas drainase di jalan tersebut **baik** dan persen waktu perkerasan dalam keadaan lembab atau basah > **25 %**. Nilai persen waktu perkerasan tersebut diasumsikan dengan persen yang cukup besar, sehingga tebal perkerasan yang direncanakan lebih aman. Maka, didapatkan nilai m_1 dan $m_2 = 1,00$.

13. Koefisien Relatif Lapisan (a)

Nilai koefisien dihitung setiap lapisan perkerasan jalan. Nilai a_1 untuk lapis permukaan dapat dilihat pada **Gambar 3.12** berdasarkan modulus elastisitas bahan. Untuk jenis lapis permukaan yang memiliki banyak macam bahan, yang menjadi acuan untuk mengetahui nilai a_1 dilihat pada **Tabel 3.7** berdasarkan jenis bahan lapisan (Laston MS 744) dengan hasil 0,4.

Nilai a_2 untuk lapisan pondasi atas berbutir dapat dilihat pada **Gambar 3.13** berdasarkan hasil pengujian dilab, selain itu nilai ini juga dapat dihitung dengan **Persamaan 3.24**. Untuk jenis lapis pondasi memiliki banyak macam bahan, yang menjadi acuan untuk mengetahui nilai a_2 dilihat pada **Tabel 3.7** berdasarkan jenis bahan lapisan (Batu Pecah Kelas A) dengan hasil 0,14.

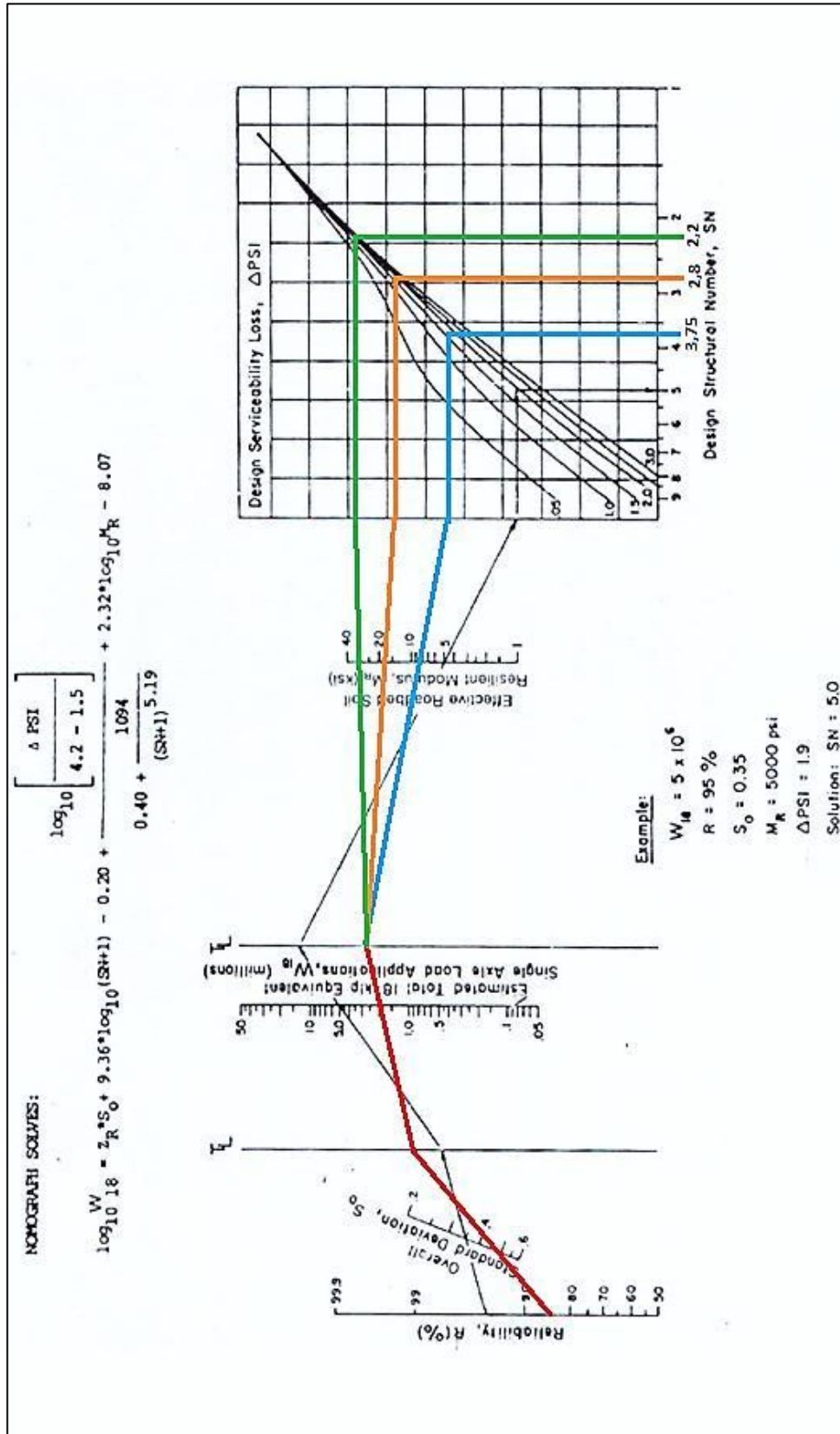
Nilai a_3 untuk lapisan pondasi bawah dapat dilihat pada **Gambar 3.14** berdasarkan hasil pengujian dilab, selain itu nilai ini juga dapat dihitung dengan **Persamaan 3.26**. Untuk jenis lapis pondasi memiliki banyak macam bahan, yang menjadi acuan untuk mengetahui nilai a_3 dilihat pada **Tabel 3.7** berdasarkan jenis bahan lapisan (Sirtu Kelas A) dengan hasil 0,13.

14. *Structural Number* (SN)

Nilai SN berdasarkan beberapa parameter yang dapat dilihat pada **Tabel 5.11**, setelah itu isi nomogram untuk menentukan nilai SN yang dapat dilihat pada **Gambar 5.4**.

Tabel 5.11 Rekapitulasi parameter untuk nilai SN

No	Parameter	Nilai
1	Reliabilitas	R= 85%
2	Simpangan Baku Keseluruhan	So = 0,44
3	Lintas Ekvivalen Selama Umur Rencana	W18 = 1.984.069,287
4	Modulus Resilien	$E_{SG} = 8.730 \text{ Psi}$ $E_{SB} = 17.000 \text{ Psi}$ $E_B = 31.000 \text{ Psi}$ $E_{AC} = 365.000 \text{ Psi}$
5	Indeks Pelayanan	$\Delta \text{ PSI} = 1,7$
6	Faktor Drainase	m2 = 1,00 m3 = 1,00
7	Koefisien Relatif Lapisan	a1= 0,4 a2= 0,14 a3= 0,13



Gambar 5.4 Nomogram untuk Nilai SN

15. Menghitung tebal perkerasan (Di)

Pada **Gambar 5.4** didapatkan nilai SN untuk menghitung tebal perkerasan dengan menggunakan **Persamaan 3.27** sampai **Persamaan 3.28**.

a. Lapis Permukaan (Laston MS744)

Diketahui $SN_1 = 2,2$

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$D_1 \geq \frac{2,2}{0,4}$$

$$D_1 \geq 5,5 \text{ inch} = 13,97 \text{ cm} = 15 \text{ cm}$$

b. Lapis Pondasi Atas (Batu Pecah Kelas A)

Diketahui nilai $SN_2 = 2,8$

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - (D_1 \cdot a_1)}{a_2 \cdot m_2}$$

$$D_2 \geq \frac{2,8 - (\frac{15}{2,54} \times 0,4)}{0,14 \times 1,0}$$

$$D_2 \geq 3,13 \text{ inch} = 7,95 \text{ cm} = 10 \text{ cm}$$

c. Lapis Pondasi Bawah (Sirtu Kelas A)

Diketahui nilai $SN_3 = 3,75$

$$D_3 \geq \frac{SN_3 - (D_1 \cdot a_1 + D_2 \cdot a_2 \cdot m_2)}{a_3 \cdot m_3}$$

$$D_3 \geq \frac{3,75 - (\frac{15}{2,54} \times 0,4 + \frac{10}{2,54} \times 0,14 \times 1,0)}{0,13 \times 1,0}$$

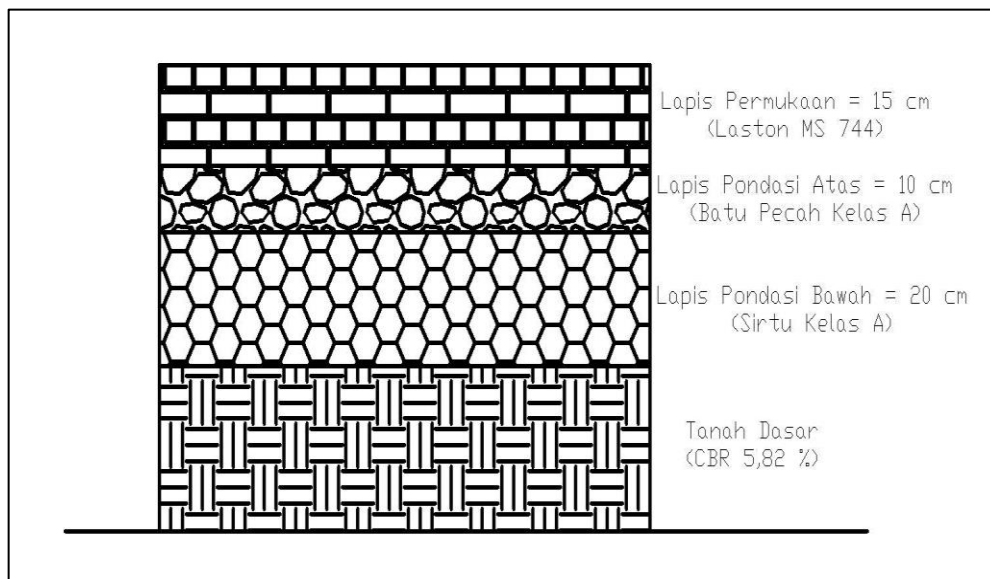
$$D_3 \geq 6,44 \text{ inch} = 16,36 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

Jadi dari hasil di atas didapatkan nilai tebal perkerasan dengan metode AASHTO 1993 dapat dilihat pada **Tabel 5.12** dan **Gambar 5.5**.

Tabel 5.12 Tebal Perkerasan Tiap Lapisan dengan Metode AASHTO 1993

Lapisan	Bahan	Tebal Lapisan
Lapisan Permukaan	Laston MS 744	15 cm
Lapis Pondasi Atas	Batu Pecah Kelas A	10 cm
Lapis Pondasi Bawah	Agregat Kelas A	20 cm
Tanah Dasar	CBR 5,82 %	-

Sumber : Hasil Penelitian, 2017



Gambar 5.5 Tebal Perkerasan tiap Lapisan dengan Metode AASHTO 1993

C. Data Input Program

1. Data Tebal Perkerasan

Data tebal perkerasan yang dianalisis dengan metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1993 dapat dilihat pada **Tabel 5.13**.

Tabel 5.13 Tebal Perkerasan dengan Metode Bina Marga 1987 dan Metode AASHTO 1993

Lapisan Perkerasan	Metode Bina Marga 1987	Metode AASHTO 1993
Lapis Permukaan	10 cm	15 cm
Lapis Pondasi Atas	20 cm	10 cm
Lapis Pondasi Bawah	20 cm	20 cm
Tanah Dasar	-	-

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

2. Nilai Poisson Ratio

Nilai poisson ratio yang di input pada program didapatkan dari **Tabel 3.27** yang disajikan pada **Tabel 5.14** sesuai jenis bahan perkerasan.

Tabel 5.14 Nilai Poisson Ratio tiap Lapisan berdasarkan Bahan Material

Lapisan Perkerasan	Bahan Perkerasan	Nilai Poisson Ratio
Lapis Permukaan	Laston MS 744	0,35
Lapis Pondasi Atas	Batu Pecah Agregat Kelas A	0,4
Lapis Pondasi Bawah	Sirtu Kelas A	0,4
Tanah Dasar	CBR 5,82 %	0,45

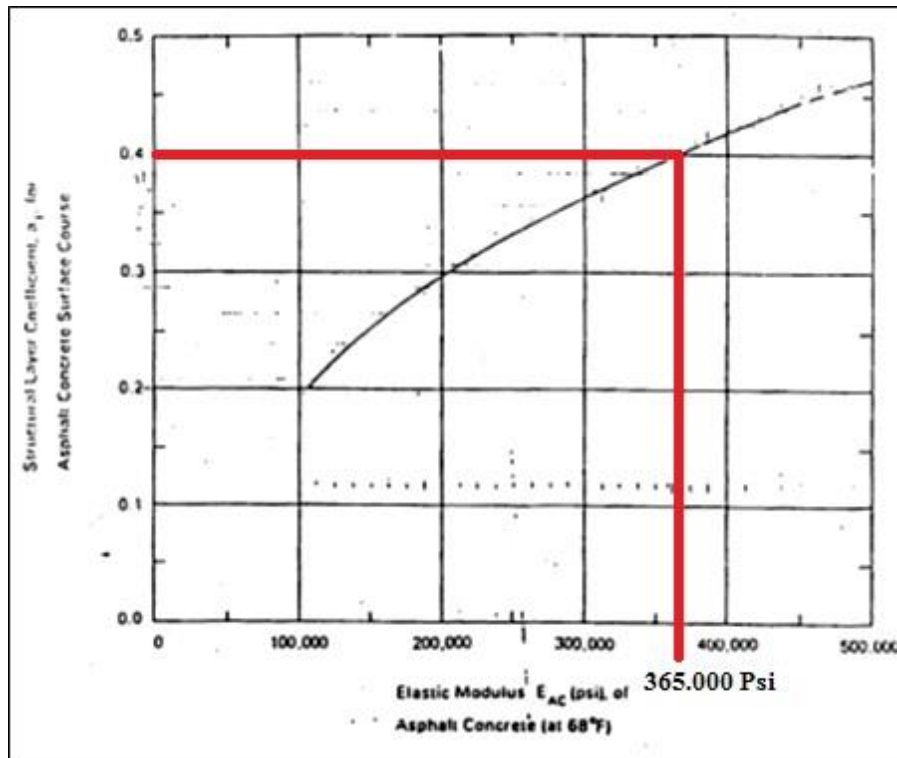
Sumber : Huang, 2004

3. Nilai Modulus Elastisitas

Nilai modulus elastisitas yang di input pada program didapat dari :

- a. Lapisan Permukaan berdasarkan grafik koefisien lapisan berdasarkan kepadatan aspal beton pada **Gambar 3.13** dan disajikan pada **Gambar**

5.6. Pada gambar tersebut didapatkan nilai $E_{AC} = 365.000$ psi yang dikonversikan menjadi $E_{AC} = 2.516.586,4$ kPa.



Gambar 5.6 Nilai Modulus Elastisitas berdasarkan Grafik Koefisien Lapisan Permukaan

b. Lapisan Pondasi Atas berdasarkan **Persamaan 3.24.**

$$a_2 = 0,249 (\log E_{BS}) - 0,977$$

$$0,14 = 0,249 (\log E_{BS}) - 0,977$$

$$E_{BS} = 30,615 \text{ Psi}$$

$$= 211.082,9 \text{ kPa}$$

c. Lapisan Pondasi Bawah berdasarkan **Persamaan 3.26.**

$$a_3 = 0,227 (\log E_{BS}) - 0,83$$

$$0,12 = 0,227 (\log E_{BS}) - 0,83$$

$$E_{BS} = 16.775 \text{ Psi}$$

$$= 115.659,6 \text{ kPa}$$

D. Evaluasi Tebal Lapisan Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 1987 Menggunakan Program KENPAVE

Setelah didapatkan nilai tebal perkerasan berdasarkan metode Analisa Komponen Bina Marga 1987, tebal perkerasan yang tersebut dievaluasi menggunakan program KENPAVE bagian KENLAYER. Data-data pendukung yang di *input* untuk menjalankan program KENLAYER bertujuan untuk mendapatkan nilai tegangan, regangan dan lendutan.

Nilai regangan tarik horizontal di bawah lapis permukaan dan regangan tekan vertikal di bawah lapis pondasi bawah digunakan untuk menghitung nilai repetisi beban. Nilai repetisi beban N_f dan N_d dihitung menggunakan **Persamaan 3.43** sampai **Persamaan 3.46**.

1. Data untuk mengevaluasi dengan program KENPAVE

Data yang dibutuhkan didapatkan berdasarkan nilai bahan dan hasil perhitungan tebal perkerasan yang memiliki struktur empat lapis yang dapat dilihat pada **Tabel 5.15**.

Tabel 5.15 Data yang dibutuhkan untuk *Input* ke Program KENPAVE

Lapisan Perkerasan	Modulus Elastisitas, E (kPa)	Poisson Ratio, μ	Tebal Perkerasan (cm)
Lapisan Permukaan	2516586,4	0,35	10
Lapisan Pondasi Atas	211082,9	0,4	20
Lapisan Pondasi Bawah	115659,6	0,4	20
Tanah Dasar	8730	0,45	-

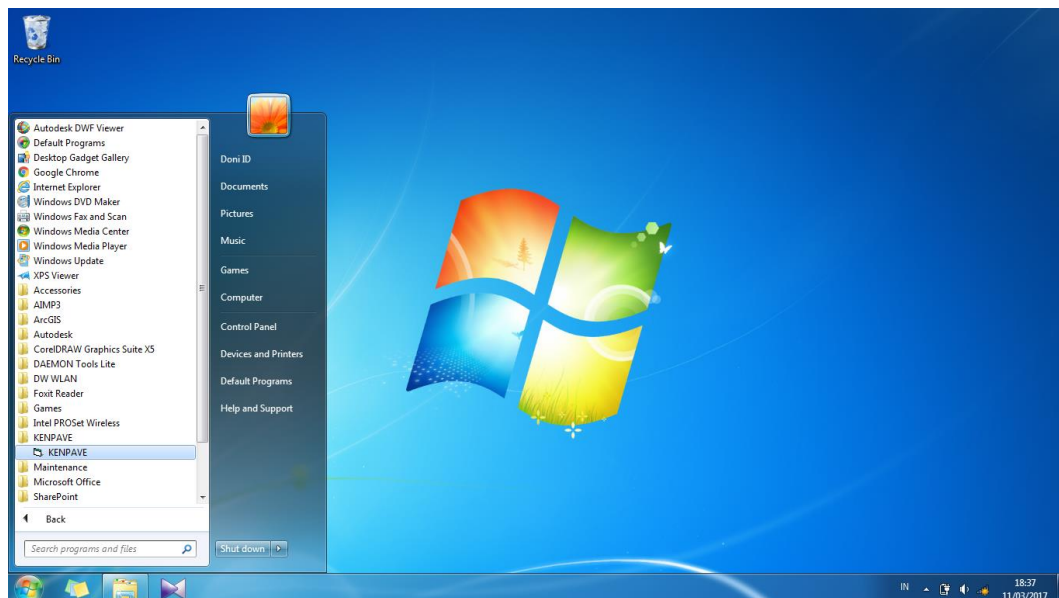
Sumber : Hasil Penelitian, 2017

2. Analisa dengan program KENPAVE

Langkah evaluasi tebal perkerasan metode Bina Marga dengan program KENPAVE sebagai berikut.

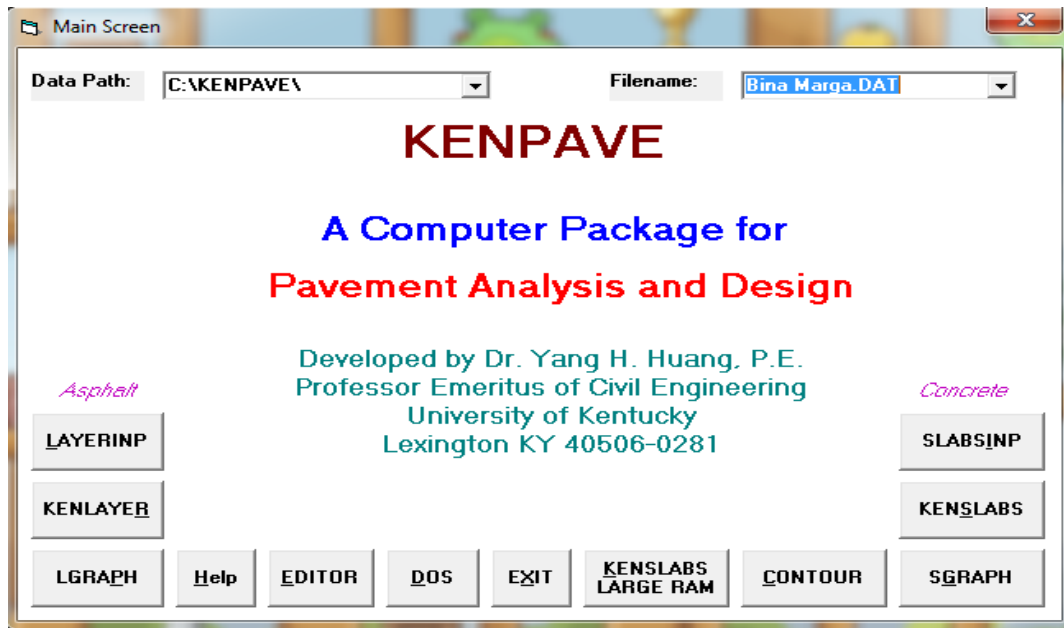
a. Untuk langkah membuka program pada *windows 7* dapat dilihat pada **Gambar 5.7**.

- 1) Klik *Start*
- 2) Pilih *All Programs*
- 3) Klik KENPAVE
- 4) Klik KENPAVE
- 5) Tampilan utama Program KENPAVE akan muncul.



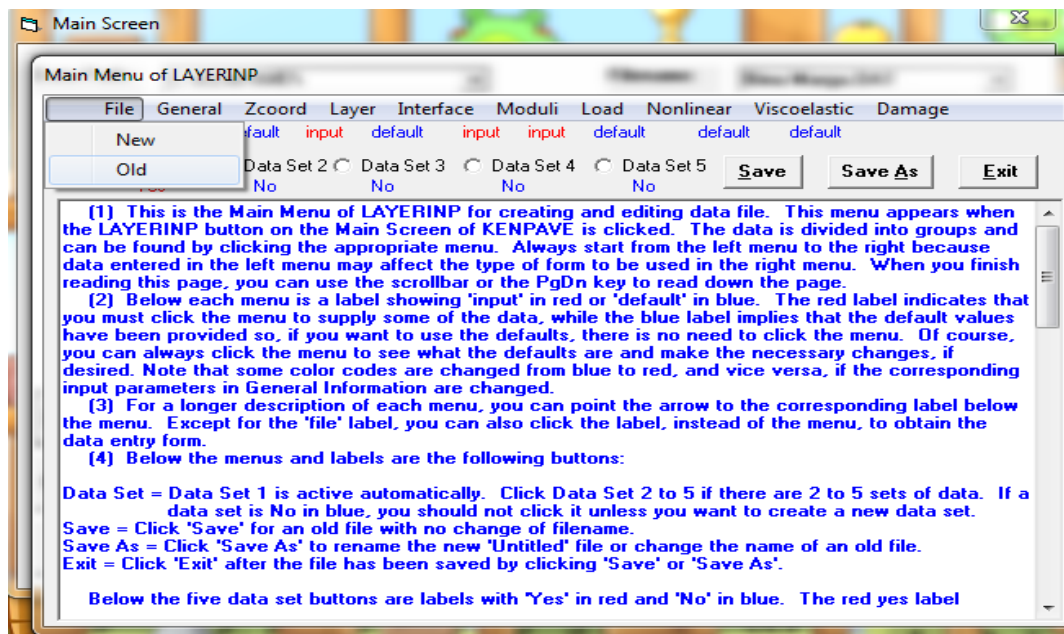
Gambar 5.7 Langkah membuka Program KENPAVE

b. Selanjutnya pilih menu LAYERINP seperti **Gambar 5.8**.



Gambar 5.8 Tampilan awal Program KENPAVE

c. Pada menu *file* pilih *New* seperti Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Langkah untuk membuat *file* baru

d. Pada menu *General* isi nilai-nilai berdasarkan data yang ada seperti Gambar 5.10.

Main Screen
Main Menu of LAYERINP
General Information of LAYERINP for Set No. 1

TITLE	1987
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)	4
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

[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 5.10 Data Input pada Menu General

- e. Pada menu Zcoord pada Gambar 5.11 nilai yang diisi adalah analisa perkerasan arah vertikal.

Main Screen
Main Menu of LAYERINP
Z Coordinates of Response Points for Data Set No. 1

Point No.	ZC
1	0
2	10
3	10.001
4	50
5	50.001

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

Gambar 5.11 Data Input pada Menu Zcoord

- f. Pada menu Layer pada **Gambar 5.12** nilai yang diisi adalah tebal perkerasan dan nilai poisson ratio dari masing-masing lapisan perkerasan.

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

Unit	cm	kN/m ³
Layer No.	TH	PR
1	10	0.35
2	20	0.4
3	20	0.4
4		0.45

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

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

OK

Gambar 5.12 Data *Input* pada Menu *Layer*

- g. Pada menu Moduli pada **Gambar 5.13** nilai yang diisi adalah nilai modulus elastisitas masing-masing lapisan perkerasan.

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

Unit	kPa
Layer No.	E
1	2516586.4
2	211082.9
3	115659.6
4	8730

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

OK

[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>- 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>

Gambar 5.13 Data *Input* pada Menu *Moduli*

- h. Pada menu Load pada **Gambar 5.14** diisi berdasarkan hasil penelitian lalu yang ada pada **Tabel 3.30** dan beban yang digunakan yaitu Truk semi trailer roda ganda dengan beban 1 roda 2500 kg.

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

Unit	LOAD	CR	CP	YW	XW	NR or NPT
1	2	9	911	31	131	9

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and 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 areas).
 (4) CP (contact pressure on circular loaded areas).
 (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 5.14 Data *Input* pada Menu *Load*

- i. Dan pada nilai NR or NPT diisi 9 sehingga ada 9 pengulangan beban dengan tinjauan berbeda yang disajikan pada **Gambar 5.15**.

Point No.	XPT	YPT
1	0	0
2	0	9.26
3	0	65.53
4	0	32.77
5	32.77	9.26
6	32.77	65.53
7	0	65.53
8	65.53	9.26
9	65.53	65.53

(1) This auxiliary form appears automatically when NPT of a given load is typed on the main form. If NPT was specified previously, you can also enter this auxiliary form by double clicking the main form anywhere on the given load group, instead of retyping NPT to enter this auxiliary form.
 (2) XPT (x coordinates of points to be analyzed).
 (3) YPT (y coordinates of points to be analyzed).
 (4) After typing the data in a cell, be sure to press the Enter key to make it effective.
 (5) You can delete a line, or one of the points, by first clicking anywhere on the line to make it active and then press the <Ctrl>- keys. The NPT in the main form will be reduced automatically by 1.
 (6) You can add a new line, or one more point, 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 NPT in the main form will increase automatically by 1. If you want to add a line after the last line, you can change NPT in the main form by adding 1 and a blank line will appear as the last line. Remember that always use the <Ctrl>-<Ins> keys to add a line unless the line to be added is the last line. By so doing, you don't have to retype any of the existing lines.
 (7) After completing this form, click OK to return to the

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

OK

Gambar 5.15 Data *Input* pada Menu NR or NPT

Setelah mengisi data selesai, data disimpan dan kembali ke menu utama program KENPAVE. Pilih menu KENLAYER sehingga data dijalankan dan didapat nilai tegangan dan regangan. Hasil akhir dari program ini dibuka melalui data editor pada tampilan awal program KENPAVE. Hasil dari program dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

Dari data tersebut diperoleh nilai regangan tarik atau nilai *horizontal principal strain* di bawah lapis permukaan sebesar 0,000408 untuk analisa jenis kerusakan *fatigue cracking*. Untuk regangan tekan di bawah pondasi bawah atau nilai *vertical strain* sebesar 0,000879 untuk analisa jenis kerusakan *rutting*. Hasil tersebut dianalisa dengan menggunakan **Persamaan 3.43** sampai **Persamaan 3.46** dalam menentukan jumlah repetisi beban dengan menganalisa *fatigue cracking* dan *rutting*. Hasil analisa nilai Nf dan Nd dengan menggunakan beberapa metode dapat dilihat pada **Tabel 5.16**.

Tabel 5.16 Hasil Analisa Nilai Nf dan Nd dengan Metode *Asphalt Institute* dan Metode *Finn et al*

Lokasi Analisis	Nilai Regangan	Metode <i>Asphalt Institute</i>	Metode <i>Finn et al</i>
Regangan tarik horizontal di bawah lapis permukaan	0,000408	Nf = 38.809,420	Nf = 28.250,367
Regangan tekan vertikal di atas tanah dasar / di bawah lapis pondasi bawah	0,00138	Nd = 65.598,583	Nd = 8.954,80

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

Berdasarkan hasil analisa pada **Tabel 5.16** evaluasi tebal perkerasan metode Analisa Komponen dari Bina Marga 1987 dengan program KENPAVE dilanjutkan sampai mendapatkan jumlah repetisi beban berdasarkan nilai tegangan dan regangan. Analisa yang dilakukan

menggunakan nilai Nf dan Nd dari kedua metode di atas, sehingga analisa beban lalu lintas dapat dilihat pada **Tabel 5.17**.

Tabel 5.17 Analisa Beban Lalu Lintas

Metode Analisa	Beban Lalu Lintas Rencana Nr	Repetisi Beban		Analisa Beban Lalu Lintas
		Nf	Nd	
Metode <i>Asphalt Institute</i>	2×10^6	38.809,420	8.707,51	Nf dan Nd < Nr Tidak Ok
Metode <i>Finn et al</i>	2×10^6	28.250,367	8.954,80	Nf dan Nd < Nr Tidak Ok

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

Dari hasil evaluasi pada **Tabel 5.17** tebal perkerasan metode Analisa Komponen dari Bina Marga menggunakan program KENPAVE, dari perencanaan tersebut dengan beban lalu lintas rencana jumlah repetisi beban Nf dan Nd yang dihasilkan lebih lebih kecil dari beban lalu lintas rencana. Hal ini menyimpulkan bahwa tebal perkerasan yang direncanakan dengan metode Analisa Komponen dari Bina Marga 1987 tidak mampu menahan beban lalu lintas yang direncanakan dan akan terjadi kerusakan lebih cepat jika tidak dilakukan penanggulangan lebih lanjut.

E. Evaluasi Tebal Lapisan Perkerasan Lentur Metode AASHTO 1993 Menggunakan Program KENPAVE

Setelah didapatkan nilai tebal perkerasan berdasarkan metode Analisa Komponen AASHTO 1993, tebal perkerasan yang tersebut dievaluasi menggunakan program KENPAVE bagian KENLAYER. Data-data pendukung yang di *input* untuk menjalankan program KENLAYER bertujuan untuk mendapatkan nilai tegangan, regangan dan lendutan.

Nilai regangan tarik horizontal di bawah lapis permukaan dan regangan tekan vertikal di bawah lapis pondasi bawah digunakan untuk menghitung nilai repetisi beban. Nilai repetisi beban N_f dan N_d dihitung menggunakan **Persamaan 3.44** sampai **Persamaan 3.50**.

1. Data untuk mengevaluasi dengan program KENPAVE

Data yang dibutuhkan didapatkan berdasarkan nilai bahan dan hasil perhitungan tebal perkerasan yang memiliki struktur empat lapis yang dapat dilihat pada **Tabel 5.18**.

Tabel 5.18 Data yang dibutuhkan untuk *Input* ke Program KENPAVE

Lapisan Perkerasan	Modulus Elastisitas, E (kPa)	Poisson Ratio, μ	Tebal Perkerasan (cm)
Lapisan Permukaan	2516586,4	0,35	15
Lapisan Pondasi Atas	211082,9	0,4	10
Lapisan Pondasi Bawah	115659,6	0,4	20
Tanah Dasar	8730	0,45	-

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

2. Analisa dengan program KENPAVE

Langkah evaluasi tebal perkerasan metode Bina Marga dengan program KENPAVE sebagai berikut.

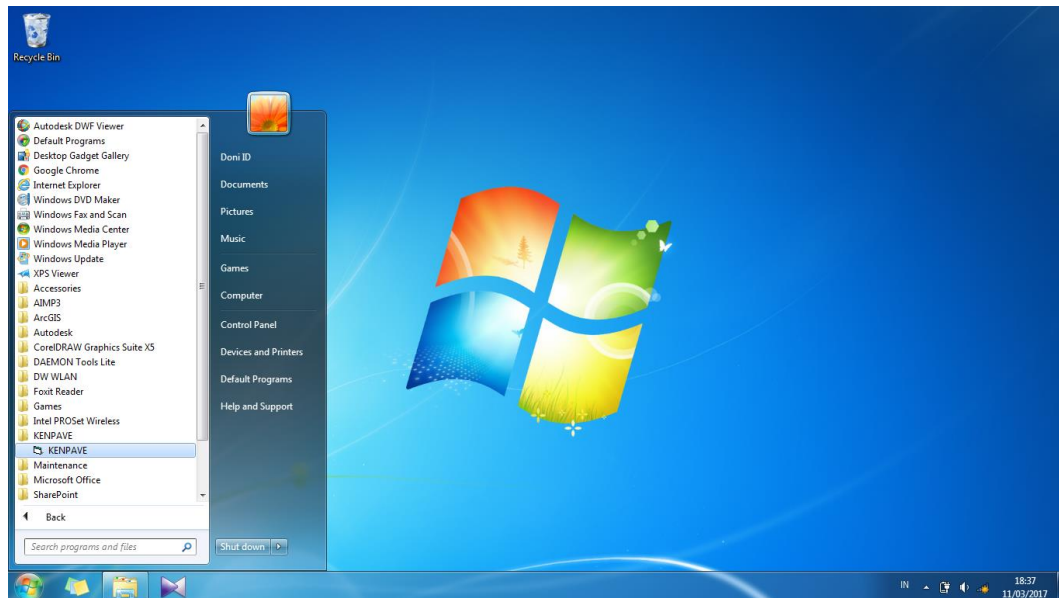
a. langkah membuka program pada *windows 7* dapat dilihat pada

Gambar 5.16.

- 1) Klik *Start*
- 2) Pilih *All Programs*
- 3) Klik KENPAVE

4) Klik KENPAVE

5) Tampilan utama Program KENPAVE akan muncul.



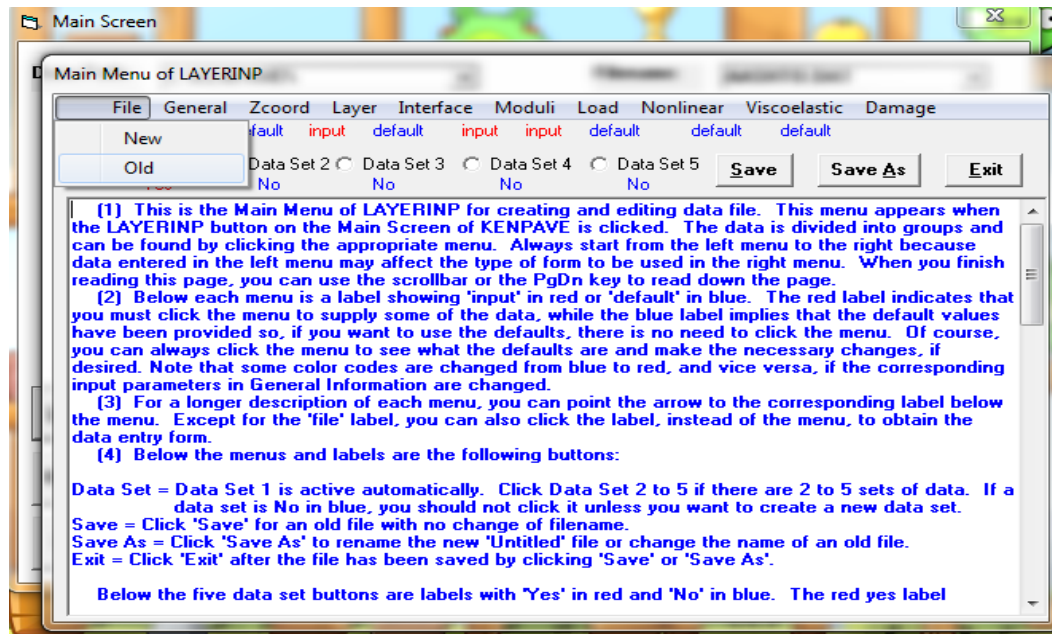
Gambar 5.16 Langkah membuka Program KENPAVE

b. Selanjutnya pilih menu LAYERINP seperti **Gambar 5.17**.



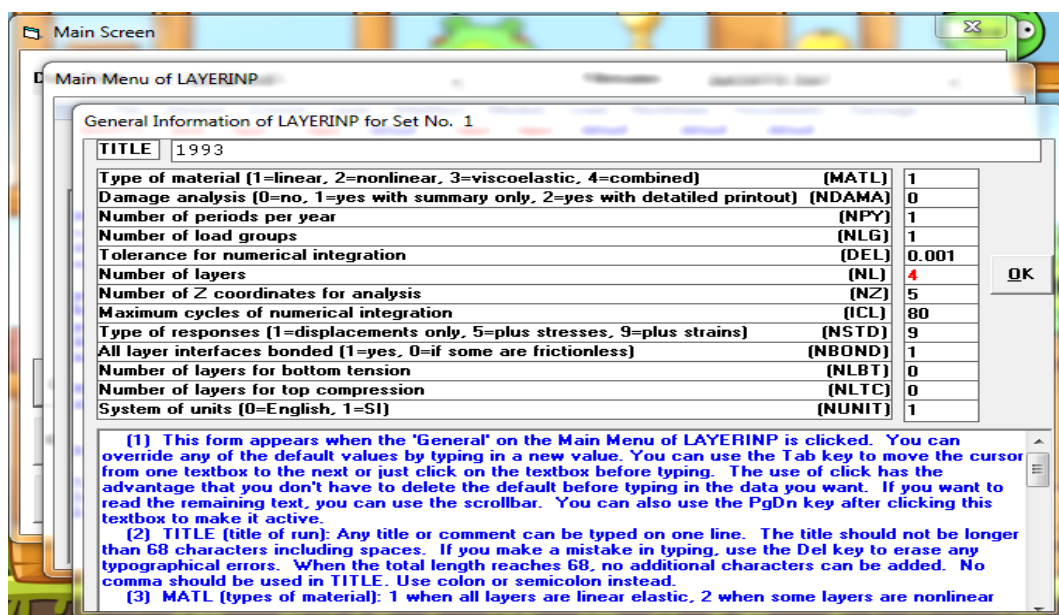
Gambar 5.17 Tampilan awal Program KENPAVE

c. Pada menu *file* pilih *New* seperti **Gambar 5.18**.



Gambar 5.18 Langkah untuk membuat *file* baru

d. Pada menu *General* isi nilai-nilai berdasarkan data yang ada seperti **Gambar 5.19**.



Gambar 5.19 Data *Input* pada Menu *General*

- e. Pada menu Zcoord pada **Gambar 5.20** nilai yang diisi adalah analisa perkerasan arah vertikal.

Main Screen
Main Menu of LAYERINP
Z Coordinates of Response Points for Data Set No. 1

Point No.	ZC
1	0
2	15
3	15.001
4	45
5	45.001

Unit cm

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

OK

Gambar 5.20 Data Input pada Menu Zcoord

- f. Pada menu Layer pada **Gambar 5.21** nilai yang diisi adalah tebal perkerasan dan nilai poisson ratio dari masing-masing lapisan perkerasan.

Main Screen
Main Menu of LAYERINP
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	Unit
1	15	0.35	kN/m ³
2	10	0.4	
3	20	0.4	
4	45	0.45	

Unit cm

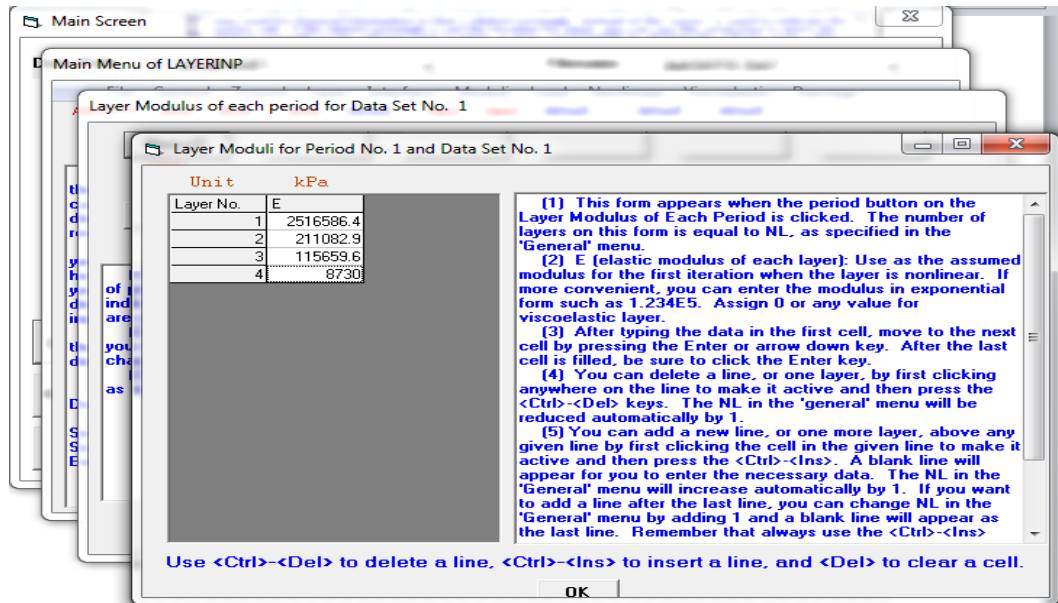
Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

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

OK

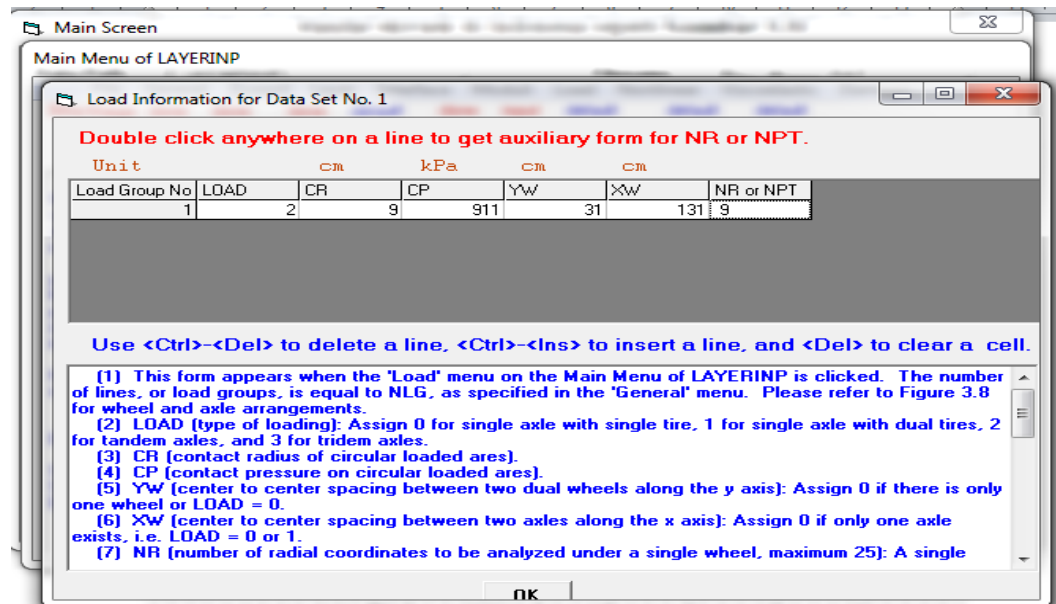
Gambar 5.21 Data Input pada Menu Layer

- g. Pada menu Moduli pada **Gambar 5.22** nilai yang diisi adalah nilai modulus elastisitas masing-masing lapisan perkerasan.



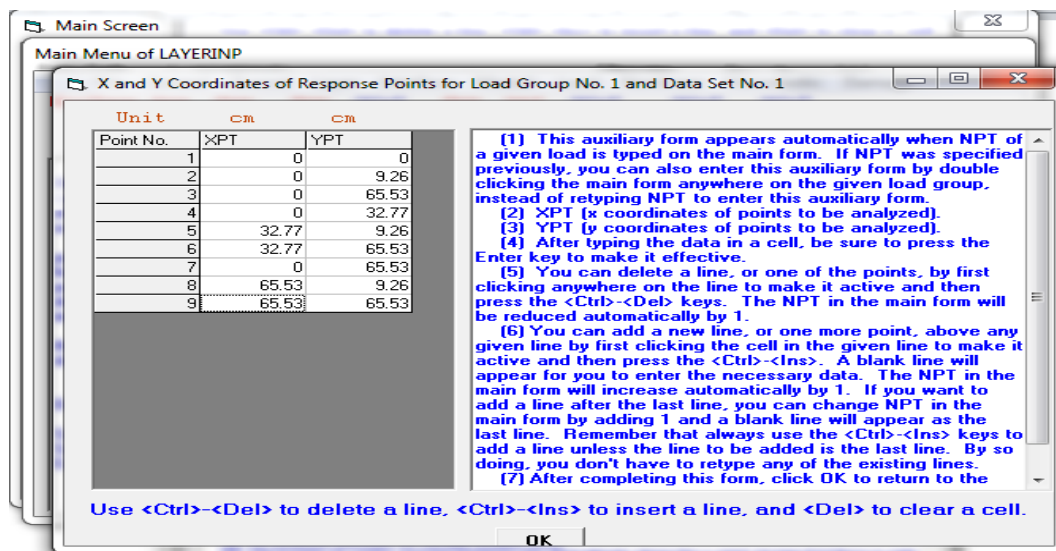
Gambar 5.22 Data Input pada Menu Moduli

- h. Pada menu Load pada **Gambar 5.23** diisi berdasarkan hasil penelitian lalu yang ada pada **Tabel 3.30** dan beban yang digunakan yaitu Truk semi trailer roda ganda dengan beban 1 roda 2500 kg.



Gambar 5.23 Data Input pada Menu Load

- i. Dan pada nilai NR or NPT diisi 9 sehingga ada 9 pengulangan beban dengan tinjauan berbeda yang disajikan pada Gambar 5.24.



Gambar 5.24 Data Input pada Menu NR or NPT

Setelah mengisi data selesai, data disimpan dan kembali ke menu utama program KENPAVE. Pilih menu KENLAYER sehingga data dijalankan dan didapat nilai tegangan dan regangan. Hasil akhir dari

program ini dibuka melalui data editor pada tampilan awal program KENPAVE. Hasil dari program dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

Dari data tersebut diperoleh nilai regangan tarik atau nilai *horizontal principal strain* di bawah lapis permukaan sebesar 0,000322 untuk analisa jenis kerusakan *fatigue cracking*. Untuk regangan tekan di bawah pondasi bawah atau nilai *vertical strain* sebesar 0,00134 untuk analisa jenis kerusakan *rutting*. Hasil tersebut dianalisa dengan menggunakan **Persamaan 3.43** sampai **Persamaan 3.46** dalam menentukan jumlah repetisi beban dengan menganalisa *fatigue cracking* dan *rutting*. Hasil analisa nilai Nf dan Nd dengan menggunakan beberapa metode dapat dilihat pada **Tabel 5.19**.

Tabel 5.19 Hasil Analisa Nilai Nf dan Nd dengan Metode *Asphalt Institute* dan Metode *Finn et al*

Lokasi Analisis	Nilai Regangan	Metode <i>Asphalt Institute</i>	Metode <i>Finn et al</i>
Regangan tarik horizontal di bawah lapis permukaan	0,000322	Nf = 84.579,688	Nf = 61.567,711
Regangan tekan vertikal di atas tanah dasar / di bawah lapis pondasi bawah	0,00134	Nd = 9.933,092	Nd = 10.217,383

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

Berdasarkan hasil analisa pada **Tabel 5.19** evaluasi tebal perkerasan metode AASHTO 1993 dengan program KENPAVE dilanjutkan sampai mendapatkan jumlah repetisi beban berdasarkan nilai tegangan dan regangan. Analisa yang dilakukan menggunakan nilai Nf dan Nd dari kedua metode di atas, sehingga analisa beban lalu lintas dapat dilihat pada **Tabel 5.20**.

Tabel 5.20 Analisa Beban Lalu Lintas

Metode Analisa	Beban Lalu Lintas Rencana Nr	Repetisi Beban		Analisa Beban Lalu Lintas
		Nf	Nd	
Metode <i>Asphalt Institute</i>	2×10^6	84.579,688	9.933,092	Nf dan Nd < Nr Tidak Ok
Metode <i>Finn et al</i>	2×10^6	61.567,711	10.217,383	Nf dan Nd < Nr Tidak Ok

Sumber : Hasil Penelitian, 2017

Dari hasil evaluasi pada **Tabel 5.20** tebal perkerasan metode AASHTO 1993 menggunakan program KENPAVE, dari perencanaan tersebut dengan beban lalu lintas rencana jumlah repetisi beban Nf dan Nd yang dihasilkan lebih kecil dari beban lalu lintas rencana. Hal ini menyimpulkan bahwa tebal perkerasan yang direncanakan dengan metode AASHTO 1993 tidak mampu menahan beban lalu lintas yang direncanakan dan akan terjadi kerusakan lebih cepat jika tidak dilakukan penanggulangan lebih lanjut.